



Réalisation d'une Trame Verte sur les sites Natura 2000 des Entraunes - Castellet-les-Sausses et Gorges de Daluis

Sommaire

Sommaire	1
Introduction.....	2
I) Matériels & Méthodes	2
1) Définition des sous-trames.....	2
2) Données environnementales utilisées	2
3) Création des réservoirs.....	3
a) Critères d'évaluation et indicateurs de l'analyse multicritère	3
b) Définition des réservoirs	5
4) Création des corridors	6
II) Résultats.....	7
1) Réservoirs	7
2) Corridors.....	11
III) Discussion	14
1) Ouverture de milieu	14
a) Relation avec les contrats déjà réalisés.....	14
b) Identification de zones propices à la réalisation d'ouvertures de milieux.....	14
2) Ilot de senescences.....	14
a) Relation avec les contrats déjà réalisés.....	14
b) Identification de zones propices à la réalisation d'îlots de senescence.....	16
3) Autres contrats Natura 2000 en faveur des continuités écologiques.....	17
4) Limite de l'étude.....	17
Conclusion	17
Bibliographie.....	18
Annexes	19

Introduction

L'étude a été réalisée sur les sites Natura 2000 des Entraunes - Castellet-les-Sausses et Gorges de Daluis (23183 Ha), classés selon la directive « Habitat, faune, flore ». Le statut Natura 2000 permet de mettre en œuvre des contrats pour la gestion des espaces naturels. Sur le territoire, les enjeux d'enrichissement et de fermeture des milieux sont forts, ainsi, des contrats d'entretiens des milieux ouverts sont fréquemment réalisés. La création d'îlots de senescence est également courante sur le territoire. Ces contrats permettent de maintenir les milieux concernés et les espèces qui y sont inféodées. Ils sont également favorables pour les espèces qui utilisent ces milieux comme corridors. Cette étude a identifié les espaces où il serait pertinent de **réaliser des contrats Natura 2000 pour préserver des espaces à fort intérêt écologique, revaloriser des espaces ou pour rétablir les continuités écologiques**. Pour cela, une carte de continuités écologiques **pour la sous-trame des milieux ouverts et une pour la sous-trame des milieux boisés** ont été créées, basées sur la méthodologie nationale de la Trame Verte et Bleue. Pour les deux sous-trames, la capacité d'accueil des espèces de chaque sous-trame a été évaluée sur l'ensemble du territoire grâce à **une analyse multicritère, avec les critères de potentiel de l'habitat, de surface-compacité, d'hétérogénéité, de densité de haie et d'ancienneté des forêts**. Les espaces à forte capacité d'accueil sont les réservoirs de biodiversité. A partir de ces réservoirs, une analyse de **perméabilité des milieux** a été réalisée, permettant de modéliser les corridors écologiques fonctionnelles et de mettre en avant **les ruptures de continuités écologiques**. Ainsi, ces cartes serviront **d'outil d'aide à la décision** pour les gestionnaires du territoire afin de mettre en place des contrats sur les espaces de moins bonne qualité ou sur des espaces permettant de restaurer des corridors, tout en évitant les espaces d'intérêt des autres sous-trames.

I) Matériels & Méthodes

1) Définition des sous-trames

Les sous-trames nationales de la Trame Verte et Bleue sont celles des milieux ouverts, boisés, humides, du littoral et des cours d'eau. Au vu des enjeux présents sur les sites et le contexte de réalisation de la trame, seuls les sous-trames ouverte et boisé ont été traitées. Chaque **habitat présent sur les sites a été classifié** en ouvert, semi-ouvert, boisé, humide, rocheux et anthropique (Annexe I). Les habitats semi-ouverts ont été intégrés à la sous-trame ouverte.

2) Données environnementales utilisées

Données utilisées :

- Shapefile habitat des sites Natura 2000 (CCAA)
- Shapefile BDTOPO : Zone de végétation, cours d'eau (IGN)
- Shapefile du Dispositif National de Suivi des Bocages (IGN)
- Shapefile forêt patrimoniale Alpes Azur (CEN)
- Shapefile de forêts d'État-Major (tiré de l'analyse réalisé par Pierre-Antoine Grapeloup en 2018 pour le choix de l'îlot de senescence sur Entraunes-Daluis)
- Shapefile forêt ancienne (PNM)

La couche vectorielle des habitats N2000 a été utilisée comme couche descriptive de l'habitat. Elle a donc été utilisée pour le calcul des indicateurs surface-compacité et potentiel de l'habitat. Les

habitats Natura 2000 ont ensuite été regroupés en « grands milieux » correspondant à une typologie moins précise et spécifique à chaque sous-trame (Annexe I). Cette classification est différente pour les deux sous-trames afin d'avoir une définition plus fine de l'hétérogénéité pour les habitats constituant la sous-trame. La couche a été rasterisée avec ce champ pour pouvoir calculer l'hétérogénéité de chaque sous-trame.

La couche utilisée pour calculer la densité de haies est une combinaison des éléments « Haie » et « Bois » de la couche BDTOPO avec les éléments de la couche du Dispositif National de Suivi des Bocages issu du Registre Parcellaire Graphique (RPG). Cette dernière étant une couche linéaire, un tampon de 5m (la largeur maximale des haies déclarées dans le RPG étant de 10m) a été appliqué afin d'homogénéiser les données de haies. Pour calculer la densité de haie la couche totale a été rasterisée à une résolution de 10m avec l'option « all touched » ainsi l'ensemble des pixels touchant les polygones ont été classés comme haie, ce qui surestime un peu la densité de haie réelle mais sans cela la perte d'information aurait été plus impactante puisque seuls les pixels dont le centre touche la couche vectorielle aurait été inclus.

La carte de forêts anciennes ou patrimoniales est issue de la fusion des couches vectorielles « forêt patrimoniale Alpes Azur », « EtatMaj » et « forêt_ancienne ». La couche de forêt ancienne présentait de nombreuses discontinuités et la fusion des couches a également créé des petites enclaves. Pour homogénéiser la couche un tampon de 6m a été appliqué puis enlever, cela a permis de joindre les polygones proches de moins de 12m et d'éviter les trous dans le raster final.

3) Création des réservoirs

Les réservoirs sont des espaces dans lesquels la biodiversité est la plus riche ou la mieux représentée, où les espèces peuvent effectuer tout ou partie de leur cycle de vie et où les habitats naturels peuvent assurer leur fonctionnement en ayant notamment une taille suffisante, qui abritent des noyaux de populations d'espèces à partir desquels les individus se dispersent ou qui sont susceptibles de permettre l'accueil de nouvelles populations d'espèces (Article R371-19 du Code de l'Environnement). La méthode choisie pour identifier les réservoirs est une **analyse multicritère (AMC)**, méthode utilisée pour créer le SRCE de Poitou Charente et d'Auvergne. Cette méthode consiste à choisir plusieurs critères qui évalueront la capacité de l'habitat à répondre à la définition de réservoir ci-dessus. De nombreux critères peuvent être utilisés (Dehouck & Amsallem, 2017), **3 critères communs aux deux sous-trames ont été choisis, le potentiel de l'habitat, la surface-compacité, l'hétérogénéité puis un critère spécifique pour chaque sous-trame, la densité de haie et l'ancienneté/patrimonialité pour la sous-trame ouverte et boisée respectivement.** Chaque critère a été estimé grâce à un indicateur présenté ci-dessous qui a conduit à une note allant de 1 à 5 sauf pour le critère d'ancienneté/patrimonialité de la sous-trame boisée pour lequel les parcelles classées anciennes ou patrimoniales ont eu un bonus de 2 points.

a) Critères d'évaluation et indicateurs de l'analyse multicritère

❖ Commun à toutes les sous-trames

- Potentiel de l'habitat

Ce critère évalue la valeur intrinsèque de chaque typologie d'habitat, d'un point de vue patrimonial et écologique, représenté par la richesse spécifique et la capacité à accueillir les espèces de la sous-trame pour effectuer tout ou partie de leur cycle de vie (reproduction, alimentation, repos). **Chaque typologie d'habitat présente sur les zones N2000 a ainsi été notée de 1 à 3 (Annexe I).**

À cela a été ajouté un score correspondant à la classification N2000 du principal habitat de la zone, **2 pour les habitats prioritaires (PR)**, **1 pour les habitats communautaires (IC)** et **0 pour ceux non classés (NC)**. On obtiendra alors une note de potentiel pour chaque parcelle allant de 1 à 5.

- Surface-Compacité

Ce critère de surface-compacité (SuComp) prend en compte le fait que plus un habitat est grand plus il aura la capacité d'accueillir des espaces inféodés au milieu ou ayant un grand domaine vital. La compacité, quant à elle, évalue la présence de « zone cœur » au sein des patches (Figure 1). Plus la forme de l'habitat se rapproche du disque, plus la compacité sera forte et donc plus les potentialités biologiques seront fortes (Bertaïna, 2012). La compacité se calcule selon la formule :

$$\text{Compacité} = 4\pi \frac{\text{surface}}{\text{périmètre}^2}$$

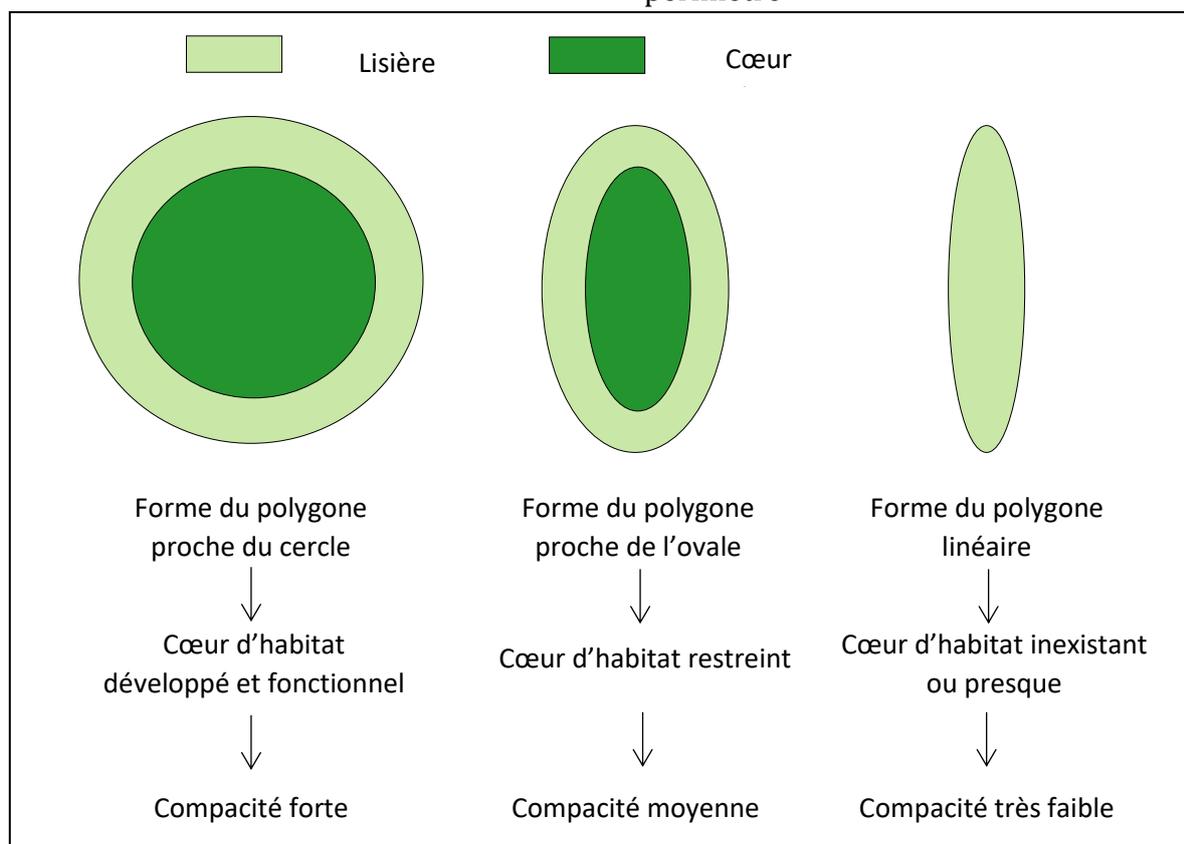


Figure 1 : Schéma compacité

Dans un premier temps, la surface et la compacité ont été intégrées séparément dans l'analyse. Elles étaient inversement corrélées (coefficient de Pearson de -0.5), elles ont donc été combinées comme dans d'autres études (Baugé, 2013 ; Dehouck & Amsallem, 2017) afin de limiter le poids de ces deux variables dans la note globale.

$$\text{SuComp} = \text{surface} \times \text{compacité}$$

Les valeurs de surface-compacité ont ensuite été catégorisées afin d'obtenir 5 classes qui permettront la notation pour le critère. Afin d'obtenir des classes plus homogènes les données ont été transformées grâce à une fonction logarithmique. La distribution des données montrait de nombreuses valeurs basses, la transformation a permis d'obtenir une distribution normale. La méthode de **classification de Jenks** a ensuite été appliquée.

- Hétérogénéité

L'hétérogénéité du paysage intègre les différentes occupations du sol présentes, mais aussi leurs proportions. Plusieurs indicateurs peuvent la représenter, le plus commun est l'indice de diversité paysagère de Shannon (H) :

$$H = - \sum P_i \ln P_i$$

Où P_i est la proportion de l'élément i du paysage.

Afin de calculer l'indice de Shannon à fine échelle, la couche de « grands milieux » a été rasterisée à une résolution de 10 m. Ainsi, l'indice a été calculé pour chaque pixel en prenant en compte les habitats présents dans un carré de 510 m de côté centré sur chaque pixel grâce au module r.li.shannon de GRASS avec une fenêtre glissante de 51 pixels. Les données ont ensuite été catégorisées en 5 classes. La méthode de Jenks n'étant pas disponible pour les rasters, **la méthode des quantiles a été utilisée.**

❖ Spécificité de chaque sous trame

- Sous-trame ouverte : densité de haie

Les haies sont favorables pour de nombreuses espèces inféodées aux milieux ouverts. D'où la nécessité de les intégrer à la création de la sous-trame.

Pour cela, **la densité de haie a été calculée sur un rayon de 250 m autour de chaque pixel**, grâce à l'outil « residual analysis » de SAGA dans Qgis. La variable densité de haie possède de nombreuses entités à 0, ces données ont été retirées pour former les classes de densité de haies. Le score des pixels possédant une densité de haie nulle sera de 0 pour le critère « densité de haie ». Les données ont ensuite été catégorisées en 5 classes. La méthode de Jenks n'étant pas disponible pour les rasters, **la méthode des quantiles a été utilisée.**

- Sous-trame boisée : ancienneté et patrimonialité des forêts

Une note de 2 a été attribuée aux espaces répertoriés sur la carte des forêts anciennes ou patrimoniales.

b) Définition des réservoirs

Pour chaque sous-trame les notes des critères sont sommées, créant ainsi, une note globale sur l'ensemble des habitats de la sous-trame.

Formule de la sous-trame des milieux ouverts :

Note potentiel de l'habitat + Note surface compacité + Note hétérogénéité + Note densité de haie
(Théoriquement min = 3 et max = 20)

Formule de la sous-trame des milieux boisés :

Note potentiel de l'habitat + Note surface compacité + Note hétérogénéité + Note ancienneté/patrimonialité

(Théoriquement min = 3 et max = 17)

La valeur seuil pour la définition des réservoirs est la valeur du quantile d'ordre 4/5, toute entité possédant un score supérieur ou égale à ce seuil est considérée comme réservoir.

4) Création des corridors

La méthode de **perméabilité des milieux** est fréquemment utilisée par les chercheurs en écologie du paysage pour modéliser les déplacements des espèces sur un territoire (Sawyer et al., 2011). L'extension **Biodispersal de QGIS** a été utilisée pour calculer la perméabilité des milieux de chaque sous-trame. Cette extension crée **des corridors partant des réservoirs en tenant compte du « coût » de chaque milieu et de la capacité maximale de déplacement des espèces de la sous-trame** (Figure 2). Ainsi, pour chaque habitat un coefficient de friction (Annexe II) a été fixé représentant le coût de la traversé d'un pixel de l'habitat.

Ces valeurs ont été définies en fonction des guildes choisies pour représenter la sous-trame, pour la sous-trame des milieux ouverts il s'agit **des papillons de milieux ouverts avec un capacité maximale de déplacement de 1km**, basée sur Merlet & Houard (2012) qui donne une valeur moyenne de déplacements de 200 à 400 m pour l'Azuré du Serpolet en ajoutant que ces valeurs sont sous estimées, Merlet & al. (2012) estime le déplacement à 750 m pour le Damier de la Succise. **La capacité de franchissement des milieux boisés a été fixé à 100m**, selon l'étude de Conradt and Roper (2006) qui ont trouvé des capacités de déplacements en milieu fermé pour deux espèces de papillons de milieux ouverts de 70 à 160 m. Pour la sous-trame des milieux boisés **les chauves-souris forestières ont été choisies avec une capacité de déplacements de 2.5 km**, rayon moyen de chasse autour du gîte pour le Grand Rhinolophe (Arthur & Lemaire, 2009) et **une capacité de franchissement des milieux ouverts de 100m**, Pinaud et al. (2018) ont mesuré une capacité de franchissement de trouée dans une haie de 50m pour le Grand Rhinolophe et Arthur & Lemaire (2009) indiquent que le Murin de Bechstein peut s'éloigner de 150m des lisières.

Les coefficients de friction ont été fixés en utilisant ces valeurs de capacité de déplacement divisé par deux ainsi lorsque deux corridors se rejoignent leurs longueurs totales correspond bien à la distance de déplacements possible au sein du milieu.

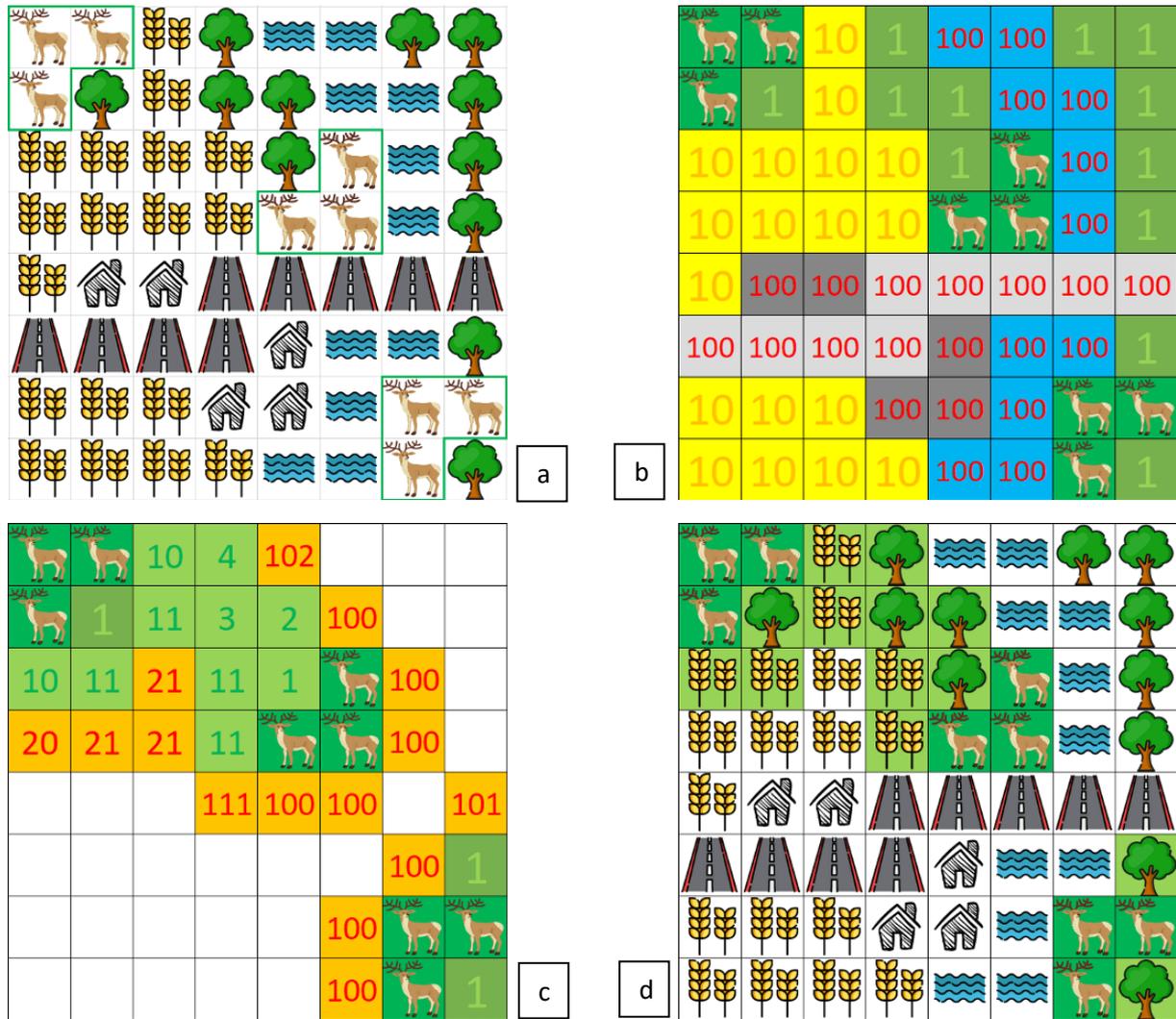
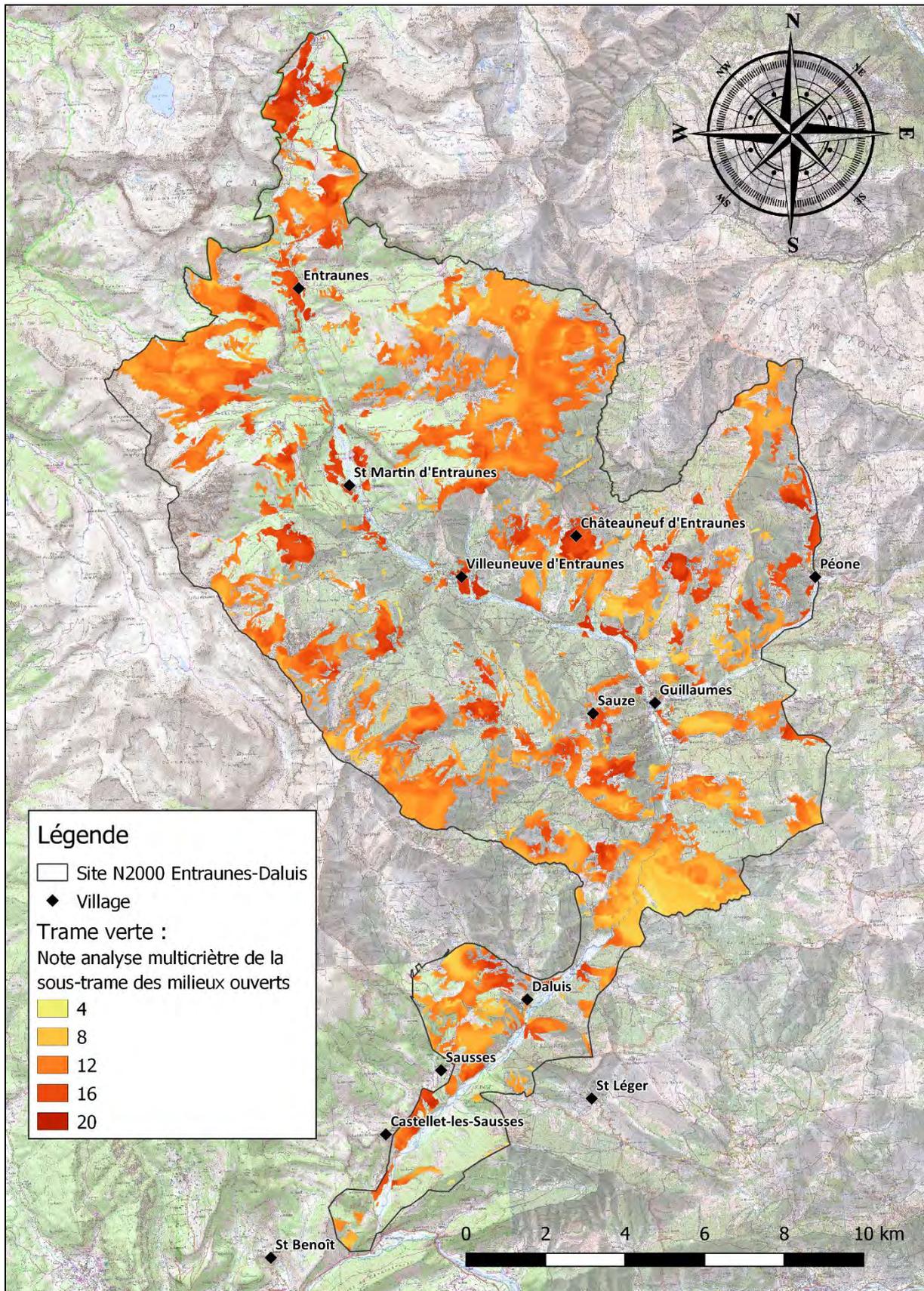


Figure 2 : Schéma méthodologie de calcul réalisé par Biodispersal. (a) Les cerfs représentent les réservoirs de biodiversité à partir desquels vont être calculé les coûts de déplacement, les autres éléments sont les habitats. (b) Coefficient de friction des habitats. (c) Coût cumulé des déplacements depuis les réservoirs avec une capacité maximale de 15, en vert les zones de déplacements et en orange zone supérieur aux limites de déplacements. (d) Trame verte, en vert foncé les réservoirs et en vert clair les corridors.

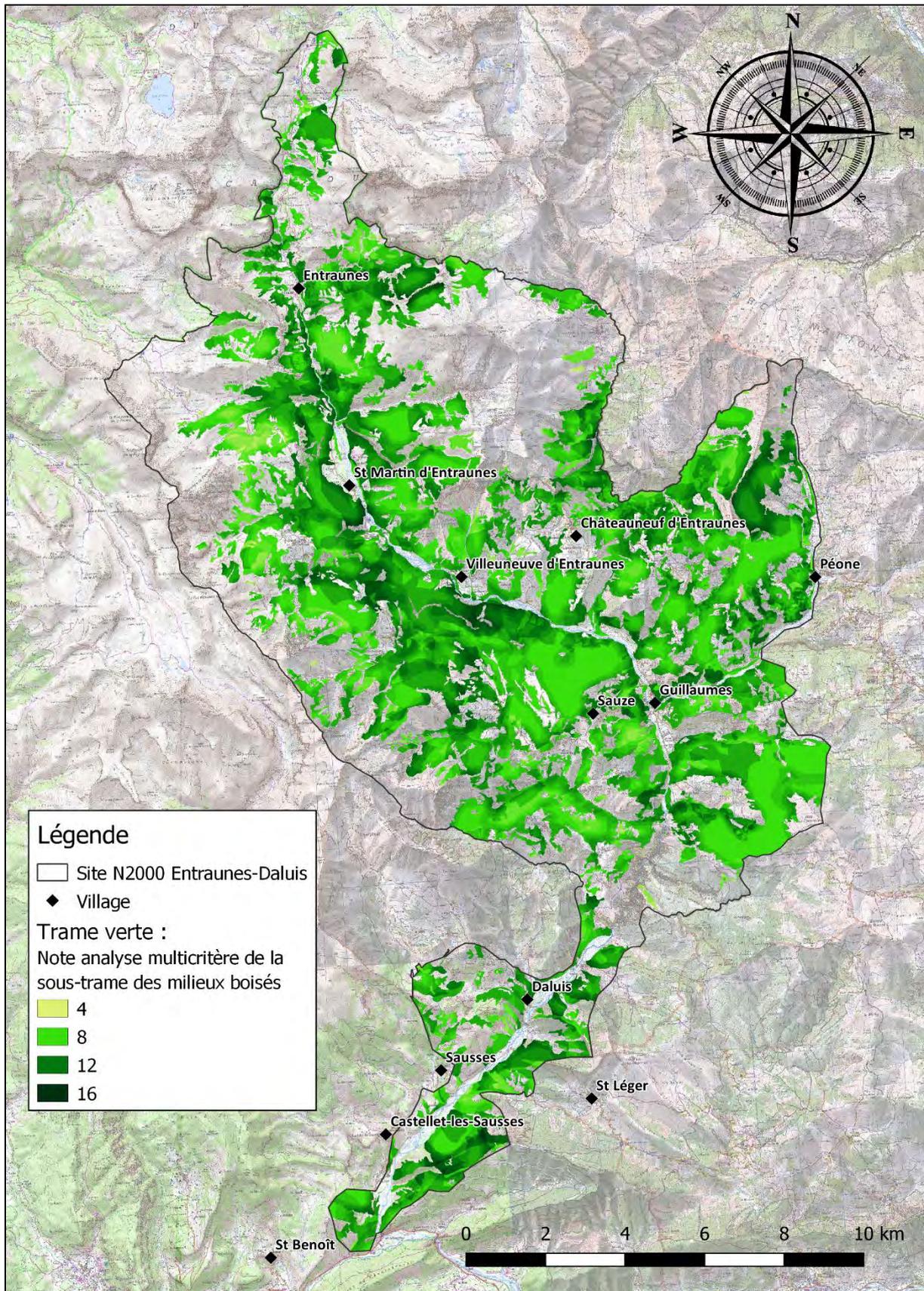
II) Résultats

1) Réservoirs

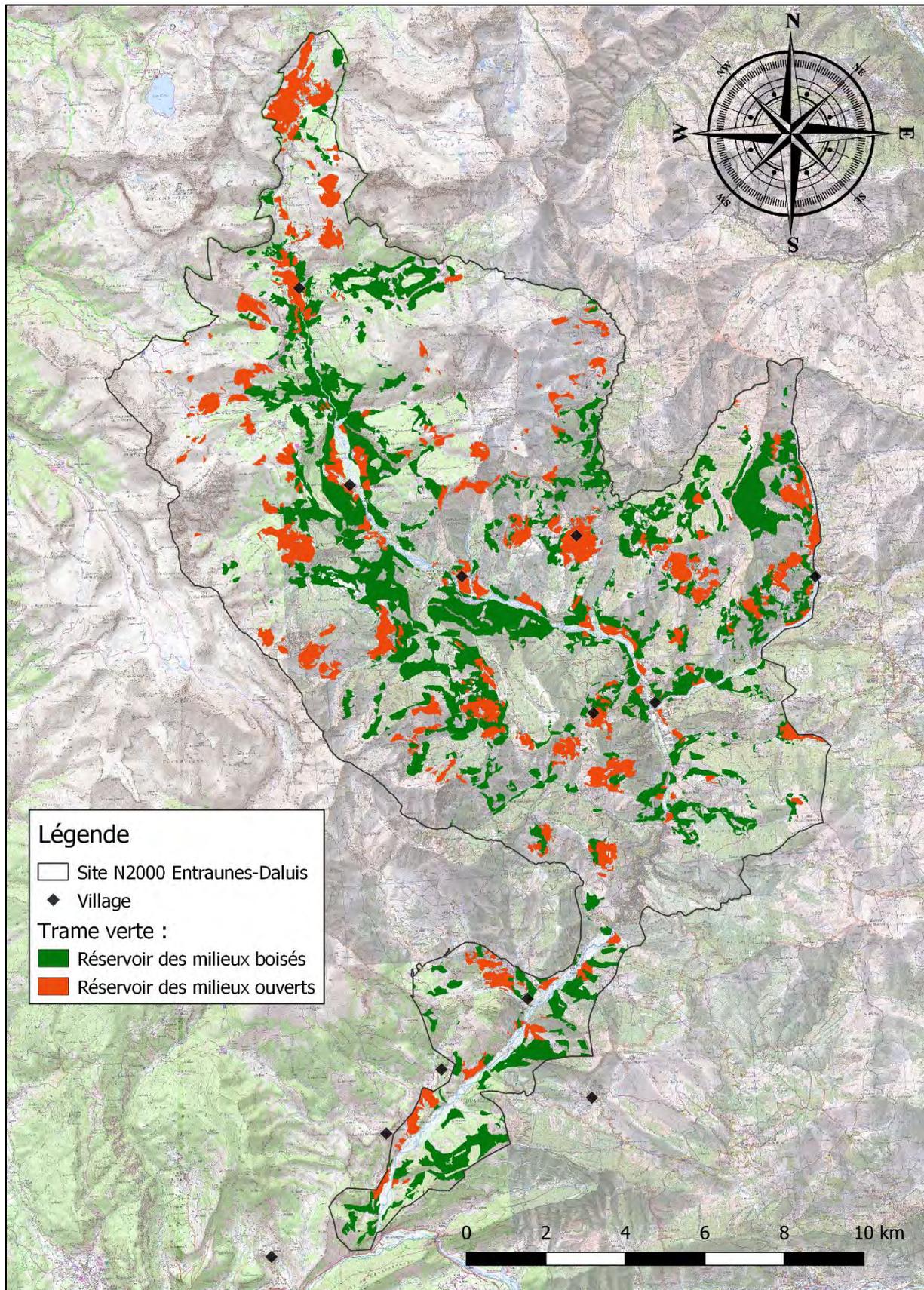
Les milieux ouverts sont présents sur 7647 Ha soit 33% de la zone Natura 2000. Les espaces de la sous-trame des milieux ouverts ont obtenu des notes allant de **4 à 20, la moyenne est de 11.9 ± 2.7** (Carte 1). Les réservoirs de cette sous-trame sont composés de tous les espaces ayant obtenus une note supérieure ou égale à 14, **les réservoirs représentent 23% des milieux ouverts du site** (Carte 3). Les milieux boisés sont présents sur 11590 Ha soit 50% de la zone Natura 2000. Les notes de la sous-trame des milieux boisés vont de **4 à 16 avec une moyenne de 11.8 ± 1.0** (Carte 2). Le seuil de sélection pour définir les réservoirs de cette sous-trame est de 11, **ces réservoirs représentent 31% des milieux ouverts du site** (Carte 3).



Carte 1 : Note de l'analyse multicritère de la sous-trame des milieux ouverts sur les sites N2000 des Entraunes et de Castellet-les-Sausses - Gorges de Daluis. La notation correspond à la somme des notes obtenues pour les critères intérêt de l'habitat, surfaces-compacité, hétérogénéité et densité de haie.



Carte 2 : Note de l'analyse multicritère de la sous-trame des milieux ouverts sur les sites N2000 des Entraunes et de Castellet-les-Sausses - Gorges de Daluis. La notation correspond à la somme des notes obtenues pour les critères intérêt de l'habitat, surfaces-compacité, hétérogénéité et ancienneté, patrimonialité du boisement.



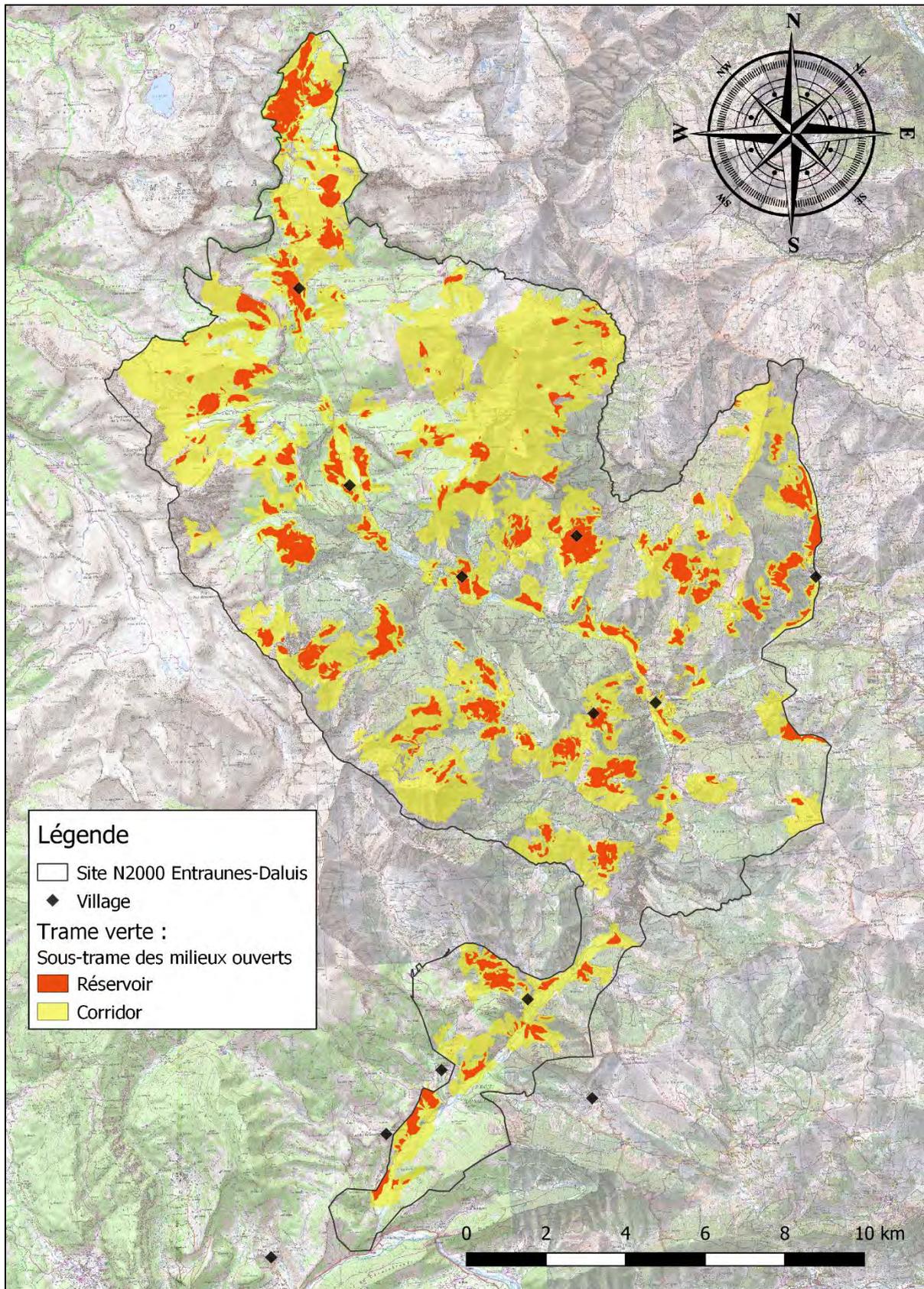
Carte 3 : Réservoirs de la Trame verte des sites N2000 des Entraunes et de Castellet-les-Sausses - Gorges de Daluis.

2) Corridors

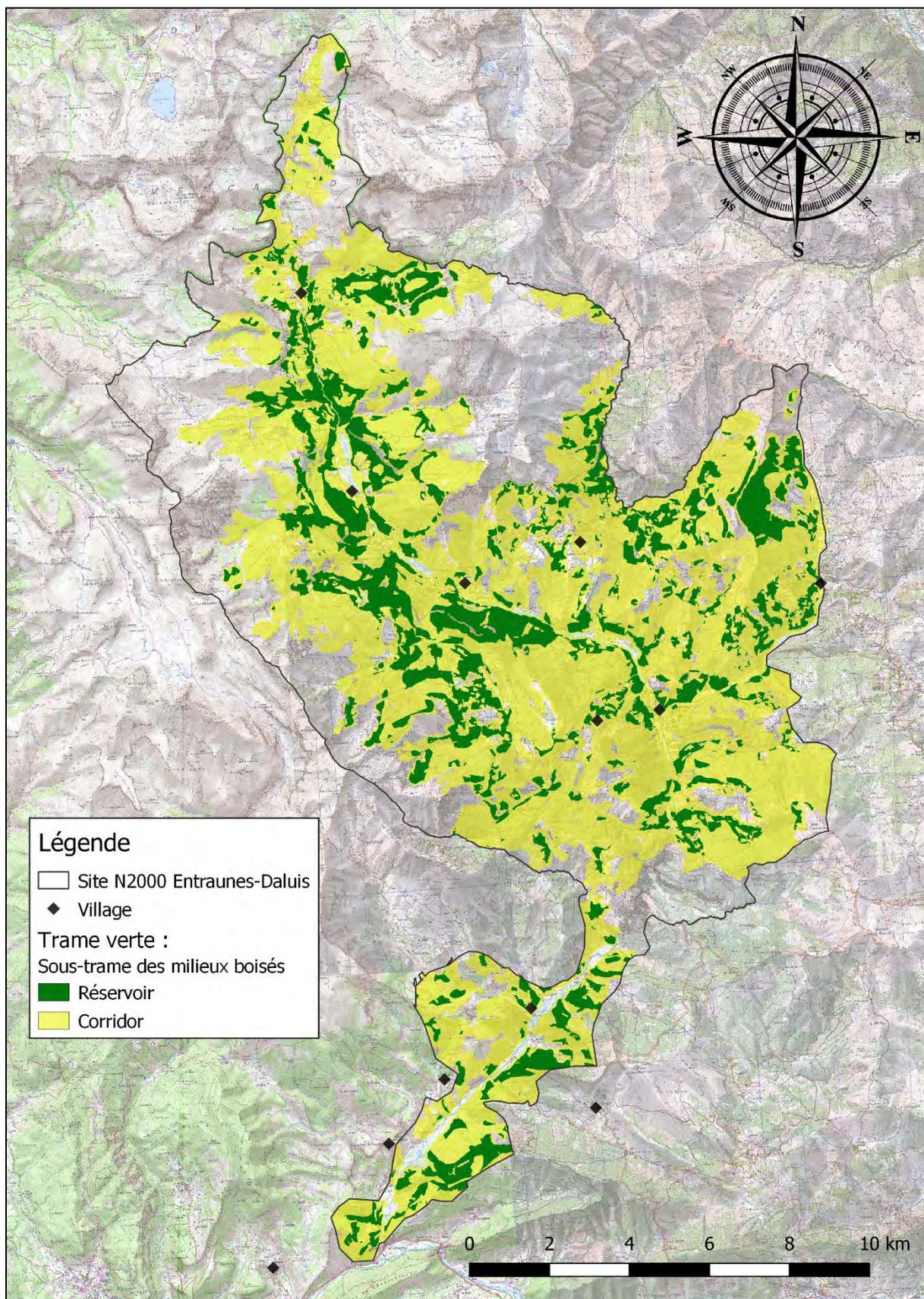
Les corridors de chaque sous-trame sont majoritairement constitués par les habitats de la sous-trame. Les corridors de la sous-trame des milieux ouverts recouvrent **34% du site N2000** (Carte 4) et ceux de la sous-trame des milieux boisés représentent **53% du territoire** (Carte 5).

Dans la majorité des cas, les corridors de la sous-trame des milieux ouverts relient quelques réservoirs ensemble mais ils ne sont pas tous reliés ensemble. Certains réservoirs sont totalement isolés des autres. Ainsi, **les continuités de la sous-trame des milieux ouverts sont fragiles il est donc important de les préserver et de les restaurer.**

Pour la sous-trame **des milieux boisés la continuité est très élevée**, quasiment la totalité des réservoirs sont connectés par des corridors. Cette forte connectivité s'explique par la forte présence de forêt sur le site et elle est concentrée au cœur du site. Il est toutefois intéressant de noter que **la connectivité à l'ouest et à l'est est limitée par les reliefs importants** limitrophes au site.



Carte 4 : Continuité écologique de la sous-trame des milieux ouverts sur les sites N2000 des Entraunes et de Castellet-les-Sausses - Gorges de Daluis.



Carte 5 : Continuité écologique de la sous-trame des milieux ouverts sur les sites N2000 des Entraunes et de Castellet-les-Sausses - Gorges de Daluis.

III) Discussion

1) Ouverture de milieu

a) Relation avec les contrats déjà réalisés

Les contrats d'ouverture de milieu ont été réalisés sur des zones ayant été classées dans différentes catégories au cours de cette étude, cela montre la présence d'enjeux multiple sur le territoire. Des contrats ont été mis en place sur des réservoirs des milieux ouverts et sur des zones ouvertes ayant une note moins élevée.

Des contrats ont également été réalisés sur des zones considérées comme réservoirs pour la sous-trame des milieux boisés et sur des zones forestières ayant de moins bonnes notes. Ces travaux peuvent être issue d'un chantier lourd qui permet d'agrandir l'espace ouvert, il peut également s'agir d'un chantier léger qui permet de créer une forêt ouverte.

b) Identification de zones propices à la réalisation d'ouvertures de milieux

Pour la réalisation de contrat sur des espaces ouverts, deux enjeux peuvent être identifiés :

- Protéger un réservoir menacé par **l'enfrichement**.
- **Revaloriser un espace** ayant une note moins bonne : restaurer la fonction agricole de la parcelle et lui permettre d'accueillir une plus grande diversité.

En ce qui concerne les milieux boisés deux cas de figures se dégagent et peuvent être traités différemment :

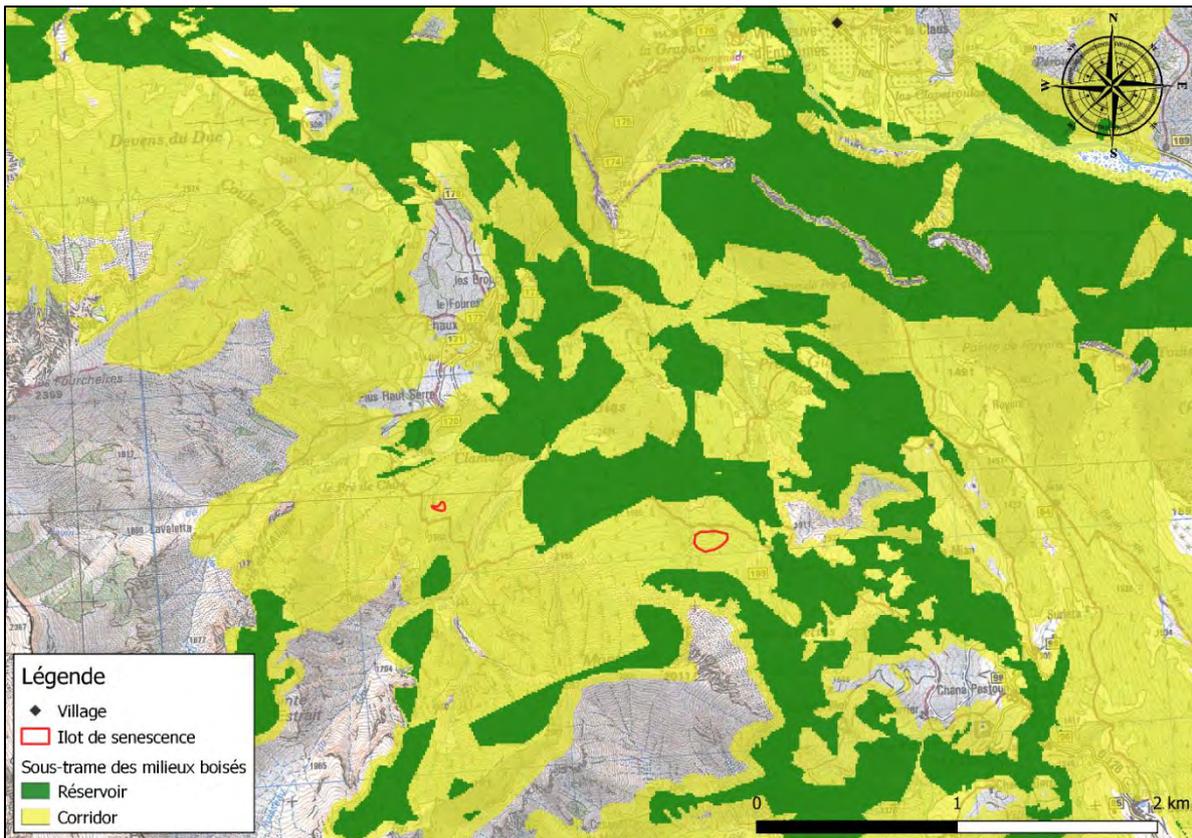
- L'emplacement du contrat est situé sur une zone identifiée comme réservoirs de la sous-trame des milieux boisée: essayer de **trouver une autre zone**, sinon privilégié **un chantier léger** qui créera une forêt ouverte, qui pourra toujours être utilisée par les espèces inféodées aux milieux boisés.
- L'emplacement du contrat est situé sur une zone moins bien noté dans la sous-trame des milieux boisés : Analyser **l'historique de la parcelle** (anciennement exploité, peuplement jeune), **l'ouverture de milieux peut alors conduire à un milieu plus riche** qu'actuellement.

2) Ilot de senescences

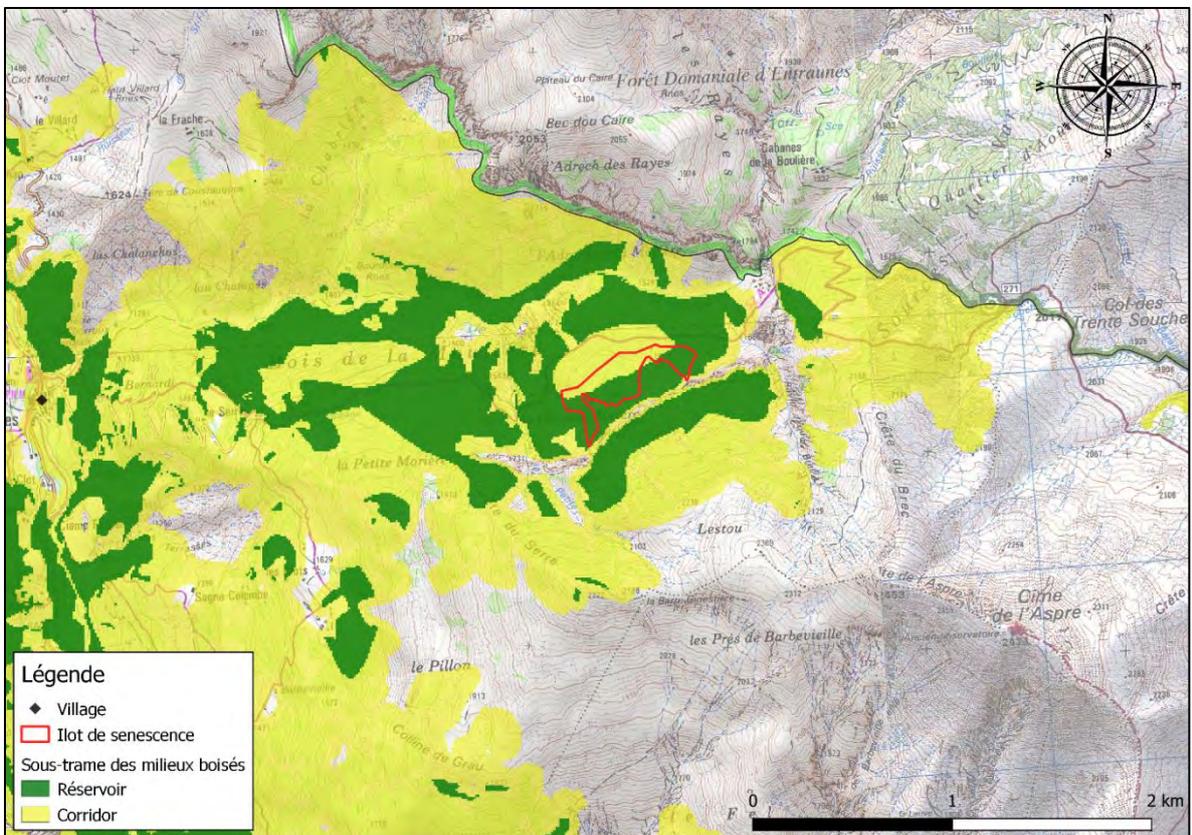
a) Relation avec les contrats déjà réalisés

Les îlots de Sauze ne sont pas situés dans des réservoirs (Carte 6). Ils sont situés au cœur d'une forêts de conifères et celui plus à l'ouest ne fait pas partie des forêts anciennes/patrimoniales. Ces différents aspects expliquent que ces zones ne soient pas classées comme réservoirs.

L'îlot d'Entraunes correspond en partie à un réservoir (Carte 7). La différence de classification est uniquement dû au critère d'hétérogénéité puisque la partie de l'îlot hors réservoirs est située au cœur de la forêt.



Carte 6 : Localisation des îlots de senescence de Sauze sur la carte des continuités écologiques de la sous-trame des milieux boisés.

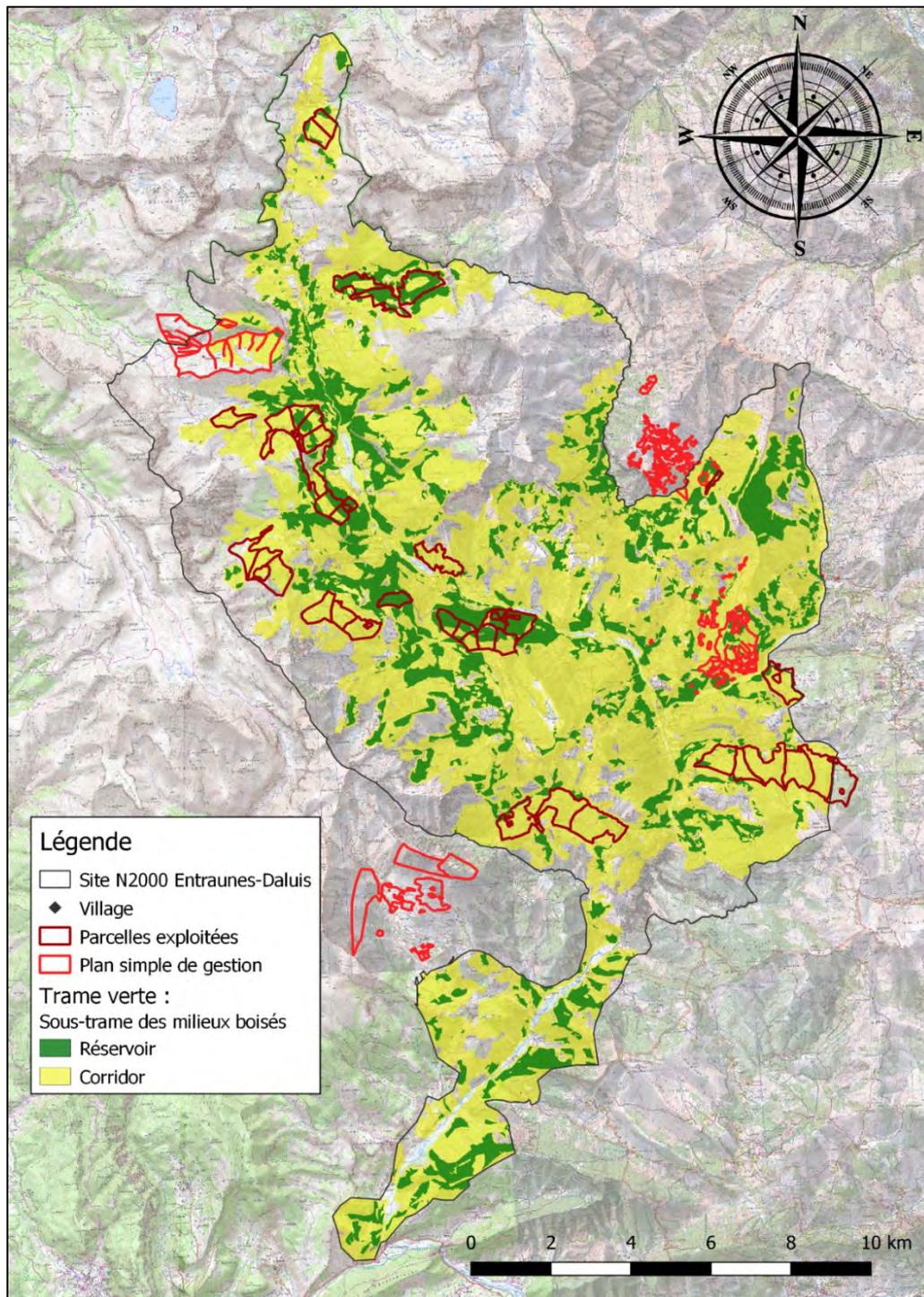


Carte 7 : Localisation des îlots de senescence d'Entraunes sur la carte des continuités écologiques de la sous-trame des milieux boisés.

b) Identification de zones propices à la réalisation d'îlots de senescence

Les îlots de senescence sont placés sur les secteurs exploités par l'ONF et sur les parcelles possédant un plan simple de gestion. Ces informations ont été croisées avec la carte de continuités écologiques de la sous-trame des milieux boisés afin d'identifier de potentiels nouveaux secteurs (Carte 8).

A plusieurs endroits, les zones exploitées et celle ayant un plan simple de gestion sont classées comme réservoirs. Les surfaces de recouvrement sont particulièrement importantes à proximité de Villeneuve-d'Entraunes et de Saint-Martin-d'Entraunes. Les forêts concernées sont des pineraies de Pin sylvestre, des sapinières et des forêts de feuillus montagnards.



Carte 8 : Identification des secteurs potentiels pour la mise en place d'un nouvel îlot de senescence sur les sites N2000 des Entraunes et de Castellet-les-Sausses - Gorges de Daluis.

3) Autres contrats Natura 2000 en faveur des continuités écologiques

D'autres contrats Natura 2000 peuvent être mis en place afin d'améliorer les continuités écologiques pour les espèces à enjeux des sites Natura 2000.

- Créer des corridors linéaires pour les espèces des milieux boisés : « Réhabilitation ou **plantation de haies**, d'alignements d'arbres, d'arbres isolés, de vergers ou de bosquets » (N06Pi) et « Travaux d'aménagement de **lisière étagée** » (F17i).
- Création de zone relais ou des corridors en pas japonais pour les espèces des milieux ouverts : « Création ou réhabilitation de **clairières** ou de landes » (F01i).

4) Limite de l'étude

L'analyse a été conduite principalement à partir de la couche cartographique des habitats Natura 2000 qui a été réalisée à la création des sites Natura 2000 en 2009. Les habitats ont donc pu évoluer mais il serait possible de refaire les cartes de continuités écologiques avec une couche d'habitats actualisée. De plus, les habitats de faibles surfaces, comme les clairières et les bosquets, ne sont peut-être pas inventoriés, la précision de la couche est donc remise en cause à petite échelle. Ce manque de précision peut-être contraignant puisque les contrats Natura 2000 agissent majoritairement à fine échelle. Il aurait également été intéressant d'avoir des informations complémentaires sur les habitats identifiés sur la cartographie des habitats tel que la densité de la forêt ou la naturalité. Il est également important de noter que le critère d'hétérogénéité est biaisé sur les bords du site puisque la cartographie utilisée est restreinte aux sites Natura 2000.

La définition des corridors est très dépendante des valeurs fixées pour la capacité maximale de déplacements et des coefficients de friction mais ces informations sont très difficiles à trouver. De plus, les capacités de franchissements ne sont pas connues pour l'ensemble des milieux présents sur le site. Les valeurs fixées, basées sur peu de littérature peuvent donc ne pas représenter correctement les capacités de déplacements des guildes choisies.

Conclusion

Cette étude a mis en évidence les zones de forts intérêts écologiques, les réservoirs, ainsi que les corridors écologiques présents sur les sites Natura 2000 des Entraunes - Castellet-les-Sausses et Gorges de Daluis . La sous-trame des milieux boisés est constituée de nombreux réservoirs ayant une grande surface. Ces réservoirs sont, pour la grande majorité, connectés par des corridors ainsi les continuités écologiques de la sous-trame des milieux boisés sont très bonnes au sein de ces sites Natura 2000. Pour la sous-trame des milieux ouverts les réservoirs ont des surfaces plus réduites et ils sont plus éloignés les uns des autres ce qui entraîne des discontinuités écologiques. En effet, les réservoirs de la sous-trame des milieux ouverts sont souvent connectés avec quelques autres réservoirs mais pas à l'ensemble des réservoirs, créant ainsi des groupes de réservoirs connectés. Cette sous-trame montre la fragilité de ce réseau écologique. Les continuités écologiques sont essentielles au maintien de la biodiversité sur le territoire il est donc important de les préserver dans le cadre de la gestion des sites Natura 2000. Dans cette optique, des contrats Natura 2000 peuvent être réalisés, tel que : des ouvertures de milieux et la création d'îlots de senescence pour préserver les réservoirs ; des ouvertures de milieux et la création de clairières afin de créer des corridors pour la sous-trame des milieux ouverts ; des plantations de haies et la création de lisières étagers pour améliorer les corridors de la sous-trame des milieux boisés.

Bibliographie

- Arthur, L., Lemaire, M. 2009. *Les Chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse*. Biotope, Mèze (collection Parthénope), Muséum national d'Histoire naturelle, Paris. 544 pp.
- Baugé S., 2013. Élaboration d'une méthode transposable de mise en place d'un schéma trame verte et bleue à l'échelle locale - Expérimentation sur onze communes du Parc Naturel Régional de l'Avesnois. Mémoire de fin d'études.
- BERTAÏNA J., RIOU J. (Parcourir les territoires), L. BELMONT, A. LEMAIRE (Asconit consultants), G. CARRE (Urbactis), *La Trame verte et bleue dans les Plans Locaux d'urbanisme*, Dreal Midi-Pyrénées, mai 2012.
- Conradt, L., Roper, T.J., 2006. NONRANDOM MOVEMENT BEHAVIOR AT HABITAT BOUNDARIES IN TWO BUTTERFLY SPECIES: IMPLICATIONS FOR DISPERSAL. *Ecology* 87, 125–132. <https://doi.org/10.1890/05-0413>
- DEHOUCQ H., AMSALLEM J. (2017). *Analyse des méthodes de précision des continuités écologiques à l'échelle locale en France*. Irstea – UMR TETIS, Centre de ressources Trame verte et bleue. 96p.
- MERLET F. & HOUARD X. (2012). *Synthèse bibliographique sur les traits de vie de l'Azuré du Serpolet (Maculinea arion (Linnaeus, 1758)) relatifs à ses déplacements et à ses besoins de continuités écologiques*. Office pour les insectes et leur environnement & Service du patrimoine naturel du Muséum national d'Histoire naturelle. Paris. 8 pages.
- MERLET F., HOUARD X. & DUPONT P. (2012). *Synthèse bibliographique sur les traits de vie du damier de la Succise (Euphydryas aurinia aurinia (Rottemburg, 1775)) relatifs à ses déplacements et à ses besoins de continuités écologiques*. Office pour les insectes et leur environnement & Service du patrimoine naturel du Muséum national d'Histoire naturelle. Paris. 7 pages.
- PINAUD D., CLAIREAU F., LEUTCHTMANN M. & KERBIRIOU C., 2018. Comment modéliser les connectivités écologiques pour les chauves-souris ? Une étude à application directe sur le terrain, pour identifier, protéger ou restaurer les corridors autour des colonies. *Plume de Naturalistes* 2 : 125-130.
- Sawyer, S.C., Epps, C.W., Brashares, J.S., 2011. Placing linkages among fragmented habitats: do least-cost models reflect how animals use landscapes? *Journal of Applied Ecology* 11.

Annexes

Annexe I : Classification des habitats N2000 en milieux ouverts, boisés, humides, rocheux et anthropiques pour la définition des sous-trames. Note des habitats pour le critère potentiel de l'habitat et classification en "grands milieux" pour le critère d'hétérogénéité.

Nomenclature N2000 des habitats	Milieux ouverts			Milieux boisés		Zone humide	Milieu rocheux	Zone anthropique
	Note de l'habitat ouvert	Note de l'habitat semi-ouvert	Classification "grands milieux"	Note de l'habitat	Classification "grands milieux"			
Accru de chêne pubescent			Fourre arbustif	2	Fourre arbustif			
Accru de pin sylvestre			Fourre arbustif	2	Fourre arbustif			
Alluvions torrentielles montagnardes à épilobe de Fleischer			Alluvion		Alluvion	x		
Banc de graviers à astragale esparcette			Alluvion		Alluvion	x		
Bas-marais alcalin montagnard			Zone humide		Zone humide	x		
Bosquet de tremble			Forêt feuillu divers	3	Forêt feuillu divers			
Carrière			Zone anthropisée		Zone anthropisée		x	x
Chenaie pubescente acidocline à luzule blanc de neige			Forêt feuillu divers	3	Forêt chêne			
Chenaie pubescente supraméditerranéenne à buis			Forêt feuillu divers	3	Forêt chêne			
Chenaie pubescente supraméditerranéenne thermophile à sumac fustet			Forêt feuillu divers	3	Forêt chêne			
Cultures	2		Prairie		Prairie			x
Eboulement rocheux non végétalisé			Ébouli, roche		Ébouli, roche		x	
Eboulis calcaire alpin à éléments fins à bérardie laineuse			Ebouli, roche		Ebouli, roche		x	
Eboulis calcaire subalpin à alpin à éléments moyens			Ebouli, roche		Ebouli, roche		x	
Eboulis calcaire supraméditerranéenne à montagnard à centranthe à feuilles étroites			Ebouli, roche		Ebouli, roche		x	
Eboulis et roubine montagnards à éléments fins à féтуque dimorphe et valériane à feuilles rondes			Ebouli, roche		Ebouli, roche		x	
Eboulis siliceux subalpin à alpin à blocs moyens à gros			Ebouli, roche		Ebouli, roche		x	
Eboulis supraméditerranéenne à stipe calamagrostide et épilobe de Dodoens			Ebouli, roche		Ebouli, roche		x	
Elevage bovin	1		Zone anthropisée		Zone anthropisée			x

Trame Verte sites Entraunes-Daluis - 2021 - Jessica Mugnier

Falaise calcaire subalpine a raiponce de Charmel			Falaise		Falaise		x	
Falaise calcaire supraméditerranéenne a montagnarde a saxifrage a feuilles en languette			Falaise		Falaise		x	
Falaise siliceuse subalpine a alpine			Falaise		Falaise		x	
Foret de feuillus montagnarde a chêne pubescent, frêne commun, alisier blanc			Foret feuillu divers	3	Foret feuillu divers			
Fourre a myricaie d'Allemagne sur alluvions		1	Fourre arbustif		Fourre arbustif	x		
Fourre calcicole supraméditerranéenne a montagnard a amélanchier a feuilles ovales		1	Fourre arbustif		Fourre arbustif			
Fourre de noisetier et buis sur pente calcaire d'ubac		1	Fourre arbustif		Fourre arbustif			
Fourre supraméditerranéenne a montagnard a buis		1	Fourre arbustif		Fourre arbustif			
Fourre thermophile e sumac fustet, prunier de Sainte-Lucie		1	Fourre arbustif		Fourre arbustif			
Frênaie érabraie de ravin supraméditerranéenne			Foret feuillu divers	3	Foret feuillu divers		x	
Friche supraméditerranéenne		1	Pelouse fermée		Pelouse			
Garide oroméditerranéenne calcicole a lavande a feuilles étroites, genet cendre, genévrier commun prostre	3		Lande, garigue		Lande, garide			
Garide supraméditerranéenne a montagnarde a genet cendre, buis	3		Lande, garigue		Lande, garide			
Garide supraméditerranéenne a montagnarde calcicole a lavande a feuilles étroites	3		Lande, garigue		Lande, garide			
Garide supraméditerranéenne thermophile sur pelites rouges a genet cendre, euphorbe épineuse	3		Lande, garigue		Lande, garide			
Garrigue supraméditerranéenne a thym vulgaire	3		Lande, garigue		Lande, garide			
Garrigue supraméditerranéenne marnicole thermophile a genet cendre, steheline douteuse	3		Lande, garigue		Lande, garide			

Trame Verte sites Entraunes-Daluis - 2021 - Jessica Mugnier

Hêtraie sèche calcicole a chène pubescent			Forêt feuillu divers	3	Forêt feuillu divers			
Landine alpine acidophile a airelle des marais	2		Lande, garigue		Lande, garide			
Lit de rivière			Lit rivière		Lit rivière	x		
Matorral a genévrier commun		2	Fourre arbustif		Fourre arbustif			
Matorral a genévrier oxycèdre		2	Fourre arbustif		Fourre arbustif			
Matorral a genévrier rouge et buis		2	Fourre arbustif		Fourre arbustif			
Mélézein calcicole du subalpin inferieur sur pelouse a seslerie bleue			Forêt mélèze	2	Forêt mélèze			
Mélézein du subalpin inferieur a renoncule a fruits crochus et myosotis des bois			Forêt mélèze	2	Forêt mélèze			
Mélézein du subalpin supérieur			Forêt mélèze	2	Forêt mélèze			
Mélézein montagnard a subalpin a hautes herbes			Forêt mélèze	2	Forêt mélèze			
Mélézein montagnard calcicole			Forêt mélèze	2	Forêt mélèze			
Pelouse alpine acidophile a jonc trifide	3		Pelouse acidophile		Pelouse			
Pelouse calcicole subalpine a alpine a seslerie bleue et avoine des montagnes	3		Pelouse calcaire		Pelouse			
Pelouse calcicole subalpine des crêtes et croupes rocheuses a androsace velue	3		Pelouse calcaire		Pelouse		x	
Pelouse écorchée oroméditerranéenne a astragale toujours verte et onosma fastigié	3		Pelouse fermée		Pelouse			
Pelouse marnicole rase a globulaire a feuilles en cour	3		Pelouse marnicole		Pelouse			
Pelouse mésophile subalpine a alpine a seslerie bleue et laiche toujours verte	3		Pelouse calcaire		Pelouse			
Pelouse montagnarde a subalpine thermophile a brachypode penne	3		Pelouse sèche		Pelouse			
Pelouse oroméditerranéenne a avoine toujours verte	3		Pelouse calcaire		Pelouse			
Pelouse sèche sur alluvions a armoise champêtre	3		Pelouse sèche		Pelouse	x		
Pelouse semi-sèche supraméditerranéenne a montagnarde a brome érige	3		Pelouse sèche		Pelouse			
Pelouse semi-sèche supraméditerranéenne a montagnarde a brome érige, facies ourlifié a brachypode penne	3		Pelouse sèche		Pelouse			

Trame Verte sites Entraunes-Daluis - 2021 - Jessica Mugnier

Pelouse subalpine acidophile a nard raide	3		Pelouse acidophile		Pelouse			
Pelouse subalpine acidophile écorchée des pentes d adret	3		Pelouse acidophile		Pelouse			
Pelouse subnitrophile sur pelites a croissette du Piémont	3		Pelouse fermée		Pelouse			
Peupleraie noire sèche sur alluvions			Foret feuillu divers	3	Foret feuillu divers	x		
Pinède de pin sylvestre xérophile sur terrasse alluviale a astragale esparcette			Foret pin	2	Foret pin sylvestre	x		
Pineraie claire de pin sylvestre oroméditerranéenne a bugrane a crête et orchidées			Foret pin	2	Foret pin sylvestre			
Pineraie de pin a crochet montagnarde sur silice a myrtille			Foret pin	2	Foret pin a crochet			
Pineraie de pin a crochet sur calcaire montagnarde a subalpine a raisin d'ours			Foret pin	2	Foret pin a crochet			
Pineraie de pin sylvestre montagnarde d'ubac			Foret pin	2	Foret pin sylvestre			
Pineraie de pin sylvestre supraméditerranéenne			Foret pin	2	Foret pin sylvestre			
Plantation de pin noir			Foret pin	1	Foret pin noir			x
Prairie artificielle a sainfoin cultive	2		Prairie		Prairie			x
Prairie humide méditerranéenne a molinie bleue, scirpe a tête ronde	3		Zone humide		Zone humide	x		
Prairie montagnarde a trolle d'Europe et bistorte	3		Prairie		Prairie			
Prairie pâturée collinéenne eutrophe	3		Prairie		Prairie			
Pre bois de mélèze montagnard a subalpin sur pelouse a brachypode penne			Foret mélèze	1	Foret mélèze			
Pre bois de mélèze sur prairie montagnarde a trolle d'Europe et bistorte			Foret mélèze	1	Foret mélèze			
Ripisylve a aune blanchâtre			Foret feuillu divers	3	Foret feuillu divers	x		
Roubine de marne noire peu végétalisée a valériane a feuilles rondes			Ebouli, roche		Ebouli, roche		x	
Sapinière calcicole a trochiscanthes nodiflora			Foret sapin	2	Foret sapin			
Saulaie a saule drape			Fourre arbustif	3	Fourre arbustif			
Tiliaie collinéenne mésophile sur pelites			Foret feuillu divers	3	Foret feuillu divers			
Tiliaie sèche a buis sur pente rocheuse			Foret feuillu divers	3	Foret feuillu divers			
Village et habitations			Zone anthropisée		Zone anthropisée			x
Zone rudérale			Zone anthropisée		Zone anthropisée			x

Annexe II : Coefficients de friction des habitats influençant les déplacements des espèces pour la sous-trame des milieux ouverts et celle des milieux boisés. Les noms des habitats correspondent aux noms de la couche d'origine concaténée avec le nom de l'habitat lorsque plusieurs milieux étaient inclus dans la couche.

Classification habitats	Sous-trame des milieux ouverts	Sous-trame des milieux boisés
Habitat_Accru de chene pubescent	20	1
Habitat_Accru de pin sylvestre	20	1
Habitat_Alluvions torrentielles montagnardes a epilobe de Fleischer	2	50
Habitat_Banc de graviers a astragale esparcette	2	50
Habitat_Bas-marais alcalin montagnard	1	50
Habitat_Bosquet de tremble	20	1
Habitat_Carriere	5	50
Habitat_Chenaie pubescente acidocline a luzule blanc de neige	20	1
Habitat_Chenaie pubescente supramediterraneenne a buis	20	1
Habitat_Chenaie pubescente supramediterraneenne thermophile a sumac fustet	20	1
Habitat_Cultures	5	50
Habitat_Eboulement rocheux non vegetalise	2	50
Habitat_Eboulis calcaire alpin a elements fins a berardie laineuse	2	50
Habitat_Eboulis calcaire subalpin a alpin a elements moyens	2	50
Habitat_Eboulis calcaire supramediterraneen a montagnard a centranthe a feuilles etroites	2	50
Habitat_Eboulis et roubine montagnards a elements fins a fetuque dimorphe et valeriane a feuilles rondes	2	50
Habitat_Eboulis siliceux subalpin a alpin a blocs moyens a gros	2	50
Habitat_Eboulis supramediterraneen a stipe calamagrostide et epilobe de Dodoens	2	50
Habitat_Elevage bovin	1	50
Habitat_Falaise calcaire subalpine a raiponce de Charmel	200	300
Habitat_Falaise calcaire supramediterraneenne a montagnarde a saxifrage a feuilles en languette	200	300
Habitat_Falaise siliceuse subalpine a alpine	200	300
Habitat_Foret de feuillus montagnarde a chene pubescent, frene commun, alisier blanc	20	1
Habitat_Fourre a myricaire d'Allemagne sur alluvions	10	10
Habitat_Fourre calcicole supramediterraneen a montagnard a amelanchier a feuilles ovales	10	10
Habitat_Fourre de noisetier et buis sur pente calcaire d'ubac	10	10
Habitat_Fourre supramediterraneen a montagnard a buis	10	10
Habitat_Fourre thermophile e sumac fustet, prunier de Sainte-Lucie	10	10
Habitat_Frenaie erablaie de ravin supramediterraneenne	20	1
Habitat_Friche supramediterraneenne	2	25
Habitat_Garide oromediterraneenne calcicole a lavande a feuilles etroites, genet cendre, genevrier commun prostre	2	25
Habitat_Garide supramediterraneenne a montagnarde a genet cendre, buis	2	25
Habitat_Garide supramediterraneenne a montagnarde calcicole a lavande a feuilles etroites	2	25

Habitat_Garide supramediterraneenne thermophile sur pelites rouges a genet cendre, euphorbe epineuse	2	25
Habitat_Garrigue supramediterraneenne a thym vulgaire	2	25
Habitat_Garrigue supramediterraneenne marnicole thermophile a genet cendre, steheline douteuse	2	25
Habitat_Hetraie seche calcicole a chene pubescent	20	1
Habitat_Landine alpine acidophile a airelle des marais	2	10
Habitat_Lit de riviere	10	50
Habitat_Matorral a genevrier commun	10	10
Habitat_Matorral a genevrier oxycedre	10	10
Habitat_Matorral a genevrier rouge et buis	10	10
Habitat_Melezein calcicole du subalpin inferieur sur pelouse a seslerie bleue	20	1
Habitat_Melezein du subalpin inferieur a renoncule a fruits crochus et myosotis des bois	20	1
Habitat_Melezein du subalpin superieur	20	1
Habitat_Melezein montagnard a subalpin a hautes herbes	20	1
Habitat_Melezein montagnard calcicole	20	1
Habitat_Pelouse alpine acidophile a jonc trifide	1	50
Habitat_Pelouse calcicole subalpine a alpine a seslerie bleue et avoine des montagnes	1	50
Habitat_Pelouse calcicole subalpine des cretes et croupes rocheuses a androsace velue	1	50
Habitat_Pelouse ecorchee oromediterraneenne a astragale toujours verte et onosma fastigie	1	50
Habitat_Pelouse marnicole rase a globulaire a feuilles en cour	1	50
Habitat_Pelouse mesophile subalpine a alpine a seslerie bleue et laiche toujours verte	1	50
Habitat_Pelouse montagnarde a subalpine thermophile a brachypode penne	1	50
Habitat_Pelouse oromediterraneenne a avoine toujours verte	1	50
Habitat_Pelouse seche sur alluvions a armoise champetre	1	50
Habitat_Pelouse semi-seche supramediterraneenne a montagnarde a brome erige	1	50
Habitat_Pelouse semi-seche supramediterraneenne a montagnarde a brome erige, facies ourlifie a brachypode penne	1	50
Habitat_Pelouse subalpine acidophile a nard raide	1	50
Habitat_Pelouse subalpine acidophile ecorchee des pentes d adret	1	50
Habitat_Pelouse subnitrophile sur pelites a croisettes du Piemont	1	50
Habitat_Peupleraie noire seche sur alluvions	20	1
Habitat_Pinede de pin sylvestre xerophile sur terrasse alluviale a astragale esparcette	20	1
Habitat_Pineraie claire de pin sylvestre oromediterraneenne a bugrane a crete et orchidees	20	1
Habitat_Pineraie de pin a crochet montagnarde sur silice a myrtille	20	1
Habitat_Pineraie de pin a crochet sur calcaire montagnarde a subalpine a raisin d'ours	20	1
Habitat_Pineraie de pin sylvestre montagnarde d'ubac	20	1
Habitat_Pineraie de pin sylvestre supramediterraneenne	20	1
Habitat_Plantation de pin noir	20	1
Habitat_Prairie artificielle a sainfoin cultive	1	50
Habitat_Prairie humide mediterraneenne a molinie bleue, scirpe a tete ronde	1	50

Trame Verte sites Entraunes-Daluis - 2021 - Jessica Mugnier

Habitat_Prairie montagnarde a trolle d Europe et bistorte	1	50
Habitat_Prairie paturee collineenne eutrophe	1	50
Habitat_Pre bois de meleze montagnard a subalpin sur pelouse a brachypode penne	10	5
Habitat_Pre bois de meleze sur prairie montagnarde a trolle d Europe et bistorte	10	5
Habitat_Ripsisylve a aune blanchatre	20	1
Habitat_Roubine de marne noire peu vegetalisee a valeriane a feuilles rondes	1	50
Habitat_Sapiniere calcicole a trochiscanthes nodiflora	20	1
Habitat_Saulaie a saule drape	20	1
Habitat_Tiliaie collineenne mesophile sur pelites	20	1
Habitat_Tiliaie seche a buis sur pente rocheuse	20	1
Habitat_Village et habitations	5	10
Habitat_Zone rudérale	5	10
Haie_Haie	5	1
var	25	50