

**État de conservation des « Sources
pétrifiantes avec formation de
travertins (*Cratoneurion*) »
(UE 7220*)**

Guide d'évaluation à l'échelle des
sites Natura 2000



©M. Mistarz

L'UMS Patrimoine naturel - PatriNat

Centre d'expertise et de données sur la nature



Depuis janvier 2017, l'Unité Mixte de Service Patrimoine naturel assure des missions d'expertise et de gestion des connaissances pour ses trois tutelles, que sont le Muséum national d'Histoire naturelle (MNHN), l'Office français pour la biodiversité (OFB) et le Centre national de la recherche scientifique (CNRS).

Son objectif est de fournir une expertise fondée sur la collecte et l'analyse de données de la biodiversité et de la géodiversité présentes sur le territoire français, et sur la maîtrise et l'apport de nouvelles connaissances en écologie, sciences de l'évolution et anthropologie. Cette expertise, établie sur une approche scientifique, doit contribuer à faire émerger les questions et à proposer les réponses permettant d'améliorer les politiques publiques portant sur la biodiversité, la géodiversité et leurs relations avec les sociétés et les humains.

En savoir plus : patrinat.fr

Co-directeurs :

Laurent PONCET, directeur en charge du centre de données

Julien TOUROULT, directeur en charge des reportages et de la valorisation

Inventaire National du Patrimoine Naturel



Porté par l'UMS PatriNat, cet inventaire est l'aboutissement d'une démarche qui associe scientifiques, collectivités territoriales, naturalistes et associations de protection de la nature, en vue d'établir une synthèse sur le patrimoine naturel en France. Les données fournies par les partenaires sont organisées, gérées, validées et diffusées par le MNHN. Ce système est un dispositif clé du Système d'Information sur la Biodiversité (SIB), dans lequel s'inscrivent notamment le Système d'Information sur la Nature et les Paysages (SINP) et l'Observatoire National de la Biodiversité (ONB).

Afin de gérer cette importante source d'informations, le Muséum a construit une base de données permettant d'unifier les données à l'aide de référentiels taxonomiques, géographiques et administratifs. Il est ainsi possible d'accéder à des listes d'espèces par commune, par espace protégé ou par maille de 10x10 km. Grâce à ces systèmes de référence, il est possible de produire des synthèses, quelle que soit la source d'information.

Ce système d'information permet de consolider des informations qui étaient jusqu'à présent dispersées. Il concerne la métropole et l'outre-mer, aussi bien sur la partie terrestre que marine. C'est une contribution majeure pour la connaissance naturaliste, l'expertise, la recherche en macroécologie et l'élaboration de stratégies de conservation efficaces du patrimoine naturel.

En savoir plus : inpn.mnhn.fr

Description de l'habitat

L'habitat « Sources pétrifiantes avec formation de travertins (*Cratoneurion*) » (UE 7220*) est présent au niveau des **sources et des suintements** où la végétation se développe sur des **édifices tufeux** plus ou moins développés. La formation de **tuf**, appelée **tufigénèse**, résulte de la précipitation du bicarbonate de calcium $[Ca(HCO_3)_2]$ en carbonate de calcium ($CaCO_3$), provoquée par la différence de température entre l'eau souterraine et l'air en contact. La réaction entraîne également un dégazage de dioxyde de carbone (CO_2) et une libération d'eau (H_2O). Cette dernière est résumée ci-dessous :



Au-delà de ce processus physico-chimique, les algues et les bryophytes vivantes, de par leur structure, ainsi que leurs activités biologiques (photosynthèse) assurent la fixation des cristaux entre eux et à la surface de leurs tissus. Elles participent de manière active à la formation des matériaux tufeux aussi appelés bryolithes (Bensettiti *et al.*, 2002).

Les Sources pétrifiantes sont un **habitat à logique biotope** (Gaudillat *et al.*, 2018) **sous réserve de la présence de leurs végétations indicatrices**. C'est donc **l'ensemble de l'édifice tufeux qu'il faut considérer** (avec les parties à nue) comme faisant partie intégrante de l'habitat. La végétation indicatrice est dominée par des **bryophytes** telles que *Brachythecium rivulare*, *Bryum pseudotriquetrum*, *Cratoneuron filicinum* et *Palustriella commutata*. Aux bryophytes s'ajoute parfois une strate herbacée plus ou moins dense comprenant essentiellement des Saxifragacées (*Saxifraga aizoides*, *Saxifraga stellaris*, etc.), des Brassicacées (*Arabis soyeri* subsp. *subcoriacea*, *Cochlearia pyrenaica*, etc.) et des Cypéracées. La présence d'algues est également à noter. L'habitat se retrouve essentiellement sur des pentes de l'étage planitiaire à alpin (Bensettiti *et al.*, 2002). Il peut être rencontré dans des **configurations très diverses**, ce qui nécessitera d'adapter les méthodes et protocoles proposés dans ce guide. Il présente une **diversité morphologique** importante, liée notamment à deux types d'écoulements, les dépôts d'écoulements lents et les dépôts d'écoulements rapides (Pentecost, 1993 ; Hugonnot *et al.*, 2017). Une variété importante de morphologies peut alors en découler : des formations issues de ruissellement pouvant aboutir à des ruisseaux en forme de gours ou de vasques, des suintements formant des encroûtements sur parois verticales, des formations en cascades et enfin, des structures en champignons ou cônes tufeux. Ces morphologies peuvent également être liées au **contexte environnant**. Deux contextes majeurs sont notables, le contexte forestier présentant des sources avec une variabilité morphologique importante, allant du ruissellement simple à de grands édifices tufeux, et les formations en contact de bas-marais calcaire, plus réduite, marqués par des encroûtements légers ou de petits ruissellements (Tableau 17).

Au niveau phytosociologique, les végétations des sources relèvent de la classe des *Montio Fontanae-Cardaminetea amarae*. Divers facteurs de variations tels que la nature du substrat, l'altitude, les réactions ioniques ou encore le degré d'humidité permettent de distinguer les différentes communautés. Sur substrat carbonaté, **deux types de groupements** se distinguent :

- Les groupements de **basses et moyennes altitudes (jusqu'à l'étage montagnard)** correspondent généralement aux **communautés dominées par les bryophytes** ;

- Les **communautés phanérogamiques** (les bryophytes sont toujours présentes) sont plus rares et ont une faible amplitude altitudinale. Elles peuvent être retrouvées aux **étages subalpin et alpin**.

L'habitat est décliné en un seul habitat élémentaire, « **Communautés des sources et suintements carbonatés** » (7220-1). À débit et conditions physico-chimiques constants, cet habitat peut rester stable. En revanche, celui-ci peut évoluer vers des **végétations herbacées calcicoles** ou des **formations ligneuses arbustives** lorsque les sources se tarissent (Bensettiti *et al.*, 2002). Parmi les habitats associés ou en contact, on compte les cladiaies (UE 7210*), les tourbières basses alcalines (UE 7230), les groupements alticoles du *Caricion incurvae* (UE 7240*), les pelouses sèches des *Festuco-Brometalia* (UE 6210), les éboulis calcaires (UE 8160*), etc. Pour conserver cet habitat, il est nécessaire de **conserver les habitats qui y sont associés** ainsi que **l'ensemble du système hydrologique**. Il s'agit donc de prendre en compte **l'édifice tufeux dans son entier**, de la source qui l'alimente au cours d'eau en aval.

Tableau 17. Exemples de complexes tufeux où l'habitat peut être retrouvé (©M. Mistarz et B. Crouzeix)



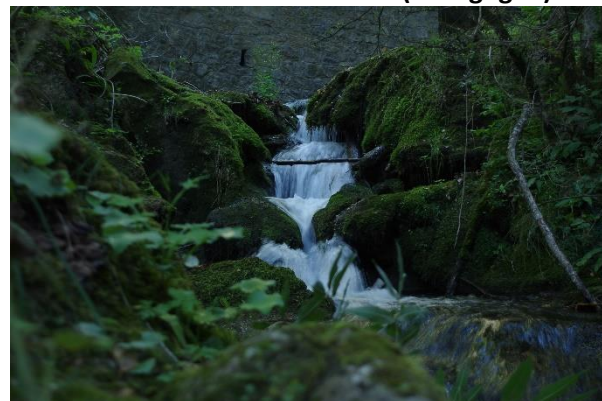
Cascade tufeuse (Jura)



Suintement en marais tufeux (Bourgogne)



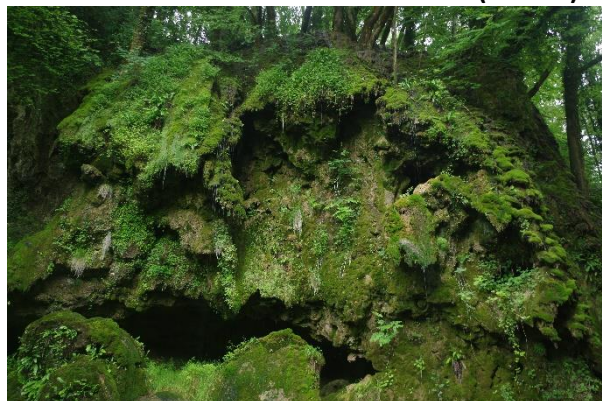
Paroi tufeuse littorale (Seine-Maritime)



Ruisseau tufeux en contexte forestier (Drôme)

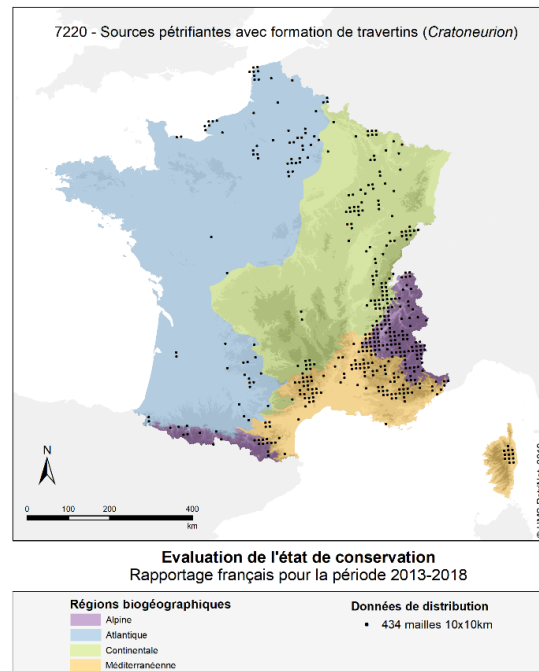


Ruisseau tufeux en gours (Jura)



Paroi tufeuse forestière (Doubs)

L'habitat est présent sur **211 sites Natura 2000** en France et est réparti sur **l'ensemble des régions biogéographiques françaises terrestres** (Carte 2). On le retrouve dans l'ensemble des régions sédimentaires et orogéniques non cristallines. Le dernier rapportage (2013-2018) de la DHFF fait état d'un état de conservation « **inconnu** » de l'habitat au sein du domaine biogéographique alpin (Tableau 18) et d'un état « **défavorable inadéquat** » au sein du domaine continental (Tableau 19). L'état de conservation a été évalué « **défavorable mauvais** » au sein des domaines atlantique et méditerranéen, avec tendance à la régression au sein de ce dernier (Tableaux 20 et 21) (UMS Patrinat, 2019). Cet habitat couvrant de petites surfaces et se développant dans un contexte géologique particulier est principalement menacé par le **détournement des sources d'alimentation** en eau tel que les **captages d'eau de surface ou souterraine**, les **pollutions d'origine agricole** (avec l'apparition possible d'algues filamenteuses) et le **changement climatique** (Bensettiti *et al.*, 2002 ; UMS Patrinat, 2019).



Carte 2. Distribution de l'habitat code UE 7220* sur le territoire métropolitain.

Tableau 18. Résultats du dernier rapportage (2013-2018) sur l'état de conservation des sources pétrifiantes avec formation de travertins au sein du domaine biogéographique **alpin**.

Code UE	Aire de répartition	Surface	Structure et fonctions	Perspectives futures	État de conservation
7220*	Favorable	Inconnu	Inconnu	Inconnu	Inconnu

Tableau 19. Résultats du dernier rapportage (2013-2018) sur l'état de conservation des sources pétrifiantes avec formation de travertins au sein du domaine biogéographique **continental**.

Code UE	Aire de répartition	Surface	Structure et fonctions	Perspectives futures	État de conservation
7220*	Favorable	Défavorable inadéquat	Favorable	Favorable	Défavorable inadéquat

Tableau 20. Résultats du dernier rapportage (2013-2018) sur l'état de conservation des sources pétrifiantes avec formation de travertins au sein du domaine biogéographique **atlantique**.

Code UE	Aire de répartition	Surface	Structure et fonctions	Perspectives futures	État de conservation
7220*	Inconnu	Inconnu	Défavorable inadéquat	Défavorable mauvais	Défavorable mauvais

Tableau 21. Résultats du dernier rapportage (2013-2018) sur l'état de conservation des sources pétrifiantes avec formation de travertins au sein du domaine biogéographique **méditerranéen**.

Code UE	Aire de répartition	Surface	Structure et fonctions	Perspectives futures	État de conservation
7220*	Défavorable mauvais	Défavorable mauvais	Défavorable mauvais	Défavorable mauvais	Défavorable mauvais

États de référence et limites de l'habitat

Préalablement à l'évaluation de l'état de conservation, il est nécessaire de fixer les limites de l'habitat considéré (à partir de quand l'entité peut être rattachée à l'habitat, même en état très dégradé, ou à partir de quand l'entité ne peut plus être rattachée à l'habitat). La détermination des états favorables choisis et des états optimaux souhaités est **propre à chaque site Natura 2000 et doit être effectuée par l'opérateur**. Le tableau ci-dessous présente un ensemble de descripteurs pouvant aider à construire les différents états de référence des sources pétrifiantes avec formation de travertins **de basses et moyennes altitudes** à l'échelle d'un site Natura 2000 (Tableau 22). Ces exemples de descripteurs doivent permettre d'aider à fixer les **notes de référence sur le gradient d'état de conservation** à l'échelle du site Natura 2000 (dégradé, altéré, états favorables choisis, états optimaux souhaités). Les courtes descriptions des autres habitats sont issues du Prodrôme des végétations de France 1 (Bardat *et al.*, 2004) et des Cahiers d'habitats (Bensettiti *et al.*, 2005).

Tableau 22. Descripteurs possibles pour la définition des états de référence correspondant aux sources pétrifiantes avec formation de travertins de **basses et moyennes altitudes** (UE 7220*) (liste non exhaustive).

Autres habitats	Dégradé	Altéré	États favorables choisis	États optimaux souhaités
<p>Roche nue travertineuse</p> <p>Végétations herbacées denses du <i>Molinio-Holoschenion</i> (UE 6420) : prés mésohygrophiles à hygrophiles méditerranéens sur sols oligotrophes riches en bases</p> <p>Tourière basse alcaline du <i>Caricion davallianae</i> (UE 7230)</p> <p>Fourrés mésotrophiles à oligotrophiles sur substrats humides ou secs des <i>Franguletea dodonei</i></p> <p>Végétations des mégaphorbiaies des <i>Filipendulo ulmariae-Convulvuletea sepium</i></p> <p>Végétations des ourlets nitrophiles plus ou moins humides des <i>Galio aparines-Urticetea dioicae</i></p> <p>Végétation non nitrophile des parois et des murs des <i>Asplenietea trichomanis</i></p> <p>Végétations des suintements ombragés sur substrat calcaire, plutôt thermophiles, des <i>Adiantetea capilli-veneris</i></p>	<p>Le recouvrement des espèces caractéristiques n'atteint jamais 100 %</p> <p>Les atteintes de type perturbations mécaniques (piétinement, etc.) sont possibles</p> <p>La présence d'espèces indicatrices d'un enrichissement trophique est possible (forts recouvrements possibles)</p> <p>La présence d'espèces liées à l'assèchement est possible (forts recouvrements possibles, jusqu'à cinq espèces)</p> <p>La présence de ligneux en strate arbustive ou arborée au cœur de l'habitat est possible</p>	<p>La présence d'espèces indicatrices d'un enrichissement trophique est possible (forts recouvrements possibles)</p> <p>La présence d'espèces liées à l'assèchement est possible (forts recouvrements possibles, moins de cinq espèces)</p> <p>La présence de ligneux en strate arbustive ou arborée au cœur de l'habitat est possible</p>	<p>La présence d'espèces indicatrices d'un enrichissement trophique est possible (recouvrement inférieur à 50 %)</p> <p>La présence d'espèces liées à l'assèchement est possible (recouvrement inférieur ou égal à 50 %, moins de cinq espèces)</p> <p>La présence de ligneux en strate arbustive ou arborée au cœur de l'habitat est possible</p>	<p>L'habitat est stable, généralement dû à un approvisionnement régulier d'eau peu chargée en éléments nutritifs</p> <p>La présence d'espèces indicatrices d'un enrichissement trophique est possible (recouvrement inférieur à 33 %, soit 1/3)</p> <p>La présence d'espèces liées à l'assèchement est possible (recouvrement inférieur à 20 %, moins de quatre espèces)</p> <p>Absence de ligneux en strate arborée au sein de l'habitat</p>

Grille d'évaluation d'état de conservation

Les indicateurs proposés ci-dessous sont le résultat de **recherches bibliographiques et de deux campagnes de tests sur le terrain (2020 et 2021)**. Deux grilles sont présentées, une pour les formations tufeuses de **basses et moyennes altitudes** (Tableau 23) et une pour les formations tufeuses de **hautes altitudes** (Tableau 24). Le jeu de données concernant les formations de **hautes altitudes** étant peu conséquent, du fait de la faible présence de l'habitat à ces altitudes sur le territoire métropolitain (exclusif aux étages alpin et subalpin des Alpes), la grille d'évaluation est en partie basée sur celle des formations du *Caricion incurvae* (UE **7240-1**). Les indicateurs et les listes d'espèces ont été adaptés aux espèces présentes sur les formations tufeuses de hautes altitudes. Les seuils ont eux été gardés tels que présentés dans la grille d'évaluation des formations du *Caricion incurvae*.

Tableau 23. Grille d'évaluation de l'état de conservation de l'habitat « Sources pétrifiantes avec formation de travertins (*Cratoneurion*) » (UE **7220***) de **basses et moyennes altitudes** à l'échelle des sites Natura 2000.

Paramètre	Critère	Indicateur	Échelle	Résultats attendus	Notes
Surface	Surface couverte	Évolution de la surface couverte par l'habitat	Site	Progression, stabilité	0
				Régression	-10
Structures et fonctions	Composition floristique	Recouvrement des espèces caractéristiques de l'habitat (%)	Placette	> 40 %	0
				< 40 %	-15
		Nombre d'espèces caractéristiques de l'habitat	Placette	> 2	0
				< 2	-10
		Recouvrement des espèces indicatrices de l'enrichissement trophique (%)	Placette	< 10 %	0
	> 10 %			-20	
	Nombre d'espèces indicatrices de l'enrichissement trophique	Placette	< 2	0	
> 2			-10		
Recouvrement des espèces indicatrices de l'assèchement (%)	Placette	< 20 %	0		
		> 20 %	-20		
Composition faunistique	Présence d'espèces faunistiques indicatrices du bon état (bonus)	Éco-complexe	Présence	+ 10	
Altérations	Atteintes lourdes	Somme des atteintes quantifiables en surface	Polygone/Édifice tufeux	Somme des points = 0	0
				Somme des points = 1	-5
				Somme des points ≥ 2	-10
	Atteintes diffuses	Impact des atteintes difficilement quantifiables en surface	Site/Bassin versant	Impact négligeable ou nul	0
				Impact moyen	-10
				Impact fort	-20

Tableau 24. Grille d'évaluation de l'état de conservation de l'habitat « Sources pétrifiantes avec formation de travertins (*Cratoneurion*) » (UE 7220*) de hautes altitudes à l'échelle des sites Natura 2000.

Paramètre	Critère	Indicateur	Échelle	Résultats attendus	Notes
Surface	Surface couverte	Évolution de la surface couverte par l'habitat	Site	Progression, stabilité	0
				Régression	-10
Structures et fonctions	Composition floristique	Recouvrement des espèces caractéristiques de l'habitat (%)	Placette	> 10 %	0
				< 10 %	-20
		Recouvrement des espèces indicatrices de l'enrichissement trophique (%)	Placette	< 10 %	0
				10-50 %	-10
		Recouvrement des espèces liées au piétinement (%)	Placette	> 50 %	-20
				< 10 %	0
10-66 %	-20				
> 66 %	-40				
Altérations	Atteintes lourdes	Somme des atteintes quantifiables en surface	Polygone	Somme des points = 0	0
				Somme des points = 1	-5
				Somme des points ≥ 2	-10
	Atteintes diffuses	Atteintes difficilement quantifiables en surface	Site/Bassin versant	Impact négligeable ou nul	0
				Impact moyen	-10
				Impact fort	-20

Les notions de **polygone d'habitat**, de **placette** et d'**écocomplexe** sont définies dans la partie 1 du présent rapport.

Une placette de **1 à 100 m²** est préconisée pour les formations de **basses et moyennes altitudes**. Les passages seront effectués entre **juin et août, au moment du pic de végétation phanérogamique**.

Une placette de **4 à 30 m²** est préconisée pour les formations de **hautes altitudes**. Les passages seront effectués entre **juillet et août, au moment du pic de végétation phanérogamique**.

La taille de la placette est fonction de la taille du polygone/de l'édifice tufeux et de sa diversité floristique.

Description des indicateurs

Paramètre « Surface »

Évolution de la surface couverte

Cet indicateur est largement utilisé dans les différentes études de l'état de conservation des habitats d'intérêt communautaire à l'échelle des sites Natura 2000. La réduction de surface des bas-marais calcaires est une menace pour leur pérennité et celle des espèces animales et végétales inféodées à ces milieux. La mesure de l'évolution de la surface couverte par l'habitat permet d'observer une **éventuelle fermeture des sites par boisement**, ainsi que des **phénomènes de remblaiement, de drainage, etc.** La surface optimale nécessaire pour le bon fonctionnement de l'habitat est difficile à définir, c'est pourquoi on s'intéressera uniquement à évaluer la **tendance d'évolution de l'habitat** (stabilité, progression ou régression). La démarche à adopter pour la mesure de l'indicateur est résumée ci-dessous (Figure 38).

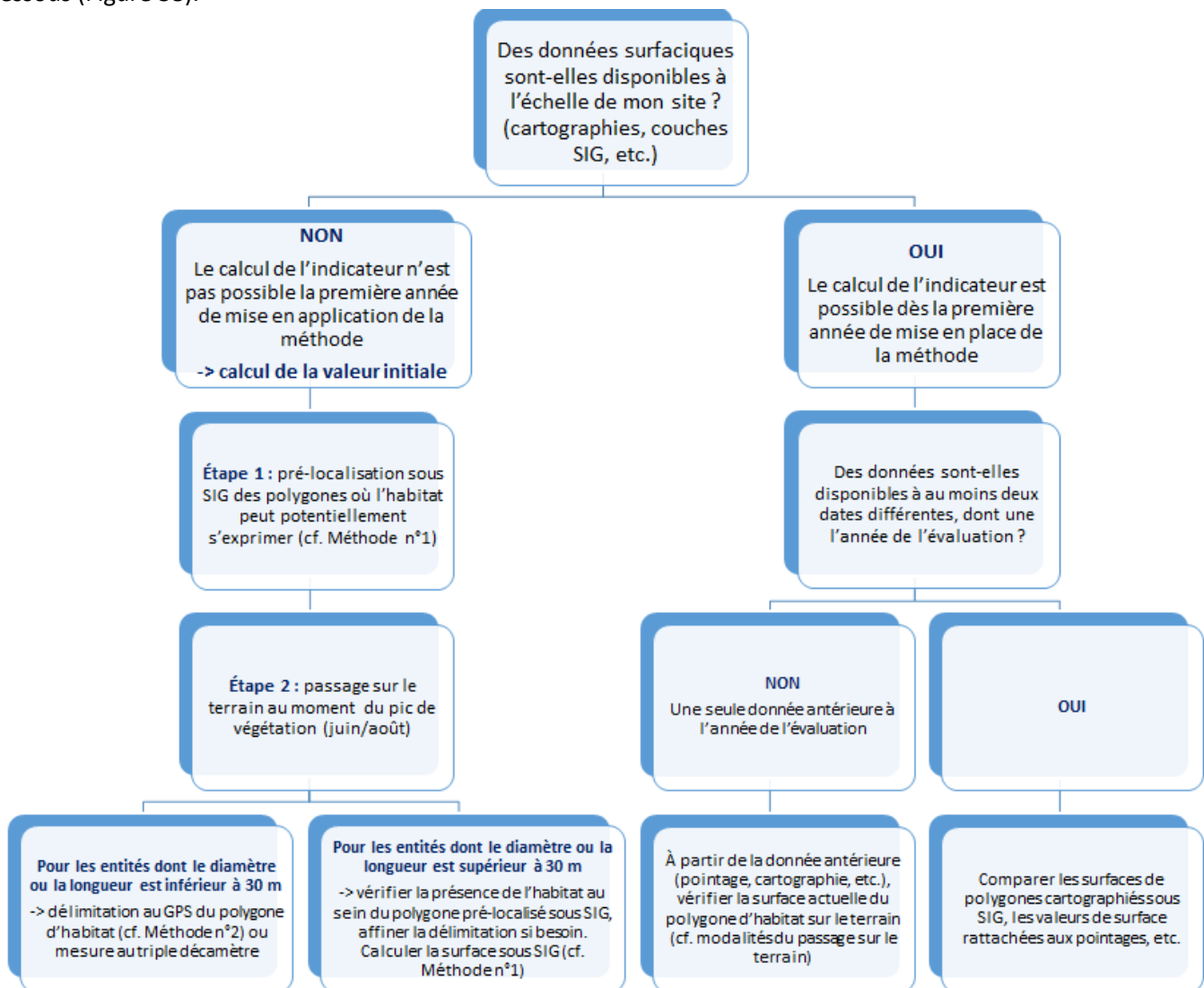


Figure 38. Démarche à adopter pour mesurer l'évolution de la surface couverte par l'habitat à l'échelle du site Natura 2000 en fonction des données disponibles.

Rappelons que l'ensemble de l'édifice tufeux où se développe la végétation indicatrice de l'habitat est à considérer. Par défaut, on préconisera d'évaluer l'évolution de surface sur un pas de temps de six ans. La régression de surface de l'habitat sera avérée lorsqu'il y a une perte équivalente à 1 % par an. Ce seuil de régression, fixé selon la méthode communautaire du rapportage (art. 17), devrait, dans l'idéal, être adapté à l'échelle de chaque site Natura 2000 par l'opérateur. Par ailleurs, le seuil de régression fixé ne doit pas être trop bas afin de prendre en compte le biais observateur lors de l'estimation de la surface de l'habitat. La périodicité de l'évaluation, c'est-à-dire le pas de temps entre les données surfaciques, dépend également des données dont l'opérateur dispose.

Méthode n°1 : La pré-localisation des polygones d'habitat où l'habitat peut potentiellement s'exprimer peut être effectuée sous **Système d'information géographique (SIG)** à l'aide d'**ortho-photographies**, des photographies aériennes rectifiées. D'autres couches peuvent être utilisées, ces dernières sont présentées ci-dessous (Tableau 25 et Figure 39). **Cette méthode est à préférer dans le cas de sources présentes en bas-marais alcalins types marais tufeux.**

Tableau 25. Exemple de couches exploitables sous SIG afin de procéder au pré-repérage des polygones.

Couche	Source	Utilité
SCAN 25®	©IGN	Repérage de la topographie, des toponymes, etc.
BD ORTHO®	©IGN	Repérage des différents faciès de végétation, des indices de remontées de nappe, des étangs, des mares, etc.
Bing Aerial®	©Microsoft Corporation	Peut se substituer à la couche précédente
Limites des sites Natura 2000 (ZSC)	©UMS Patrinat	Cadrage géographique
Grille de maille 2 500 m x 500 m		Aide à la progression de la photo-interprétation et vérification des mailles



Figure 39. Exemple schématique de délimitation d'une tourbière sous SIG (source : IGN). La présence de l'habitat Sources pétrifiantes est à vérifier sur le terrain.

L'analyse sous SIG ne peut être dispensée d'une **vérification de la présence de l'habitat sur le terrain** si cette dernière n'est pas connue de l'opérateur au préalable. Cette vérification pourra affiner la délimitation des polygones sous SIG.

Protocole : Sous QGIS, la délimitation de l'habitat peut être effectuée à l'aide de l'outil « ajouter une entité » présent dans la barre d'outils de numérisation. Une fois l'entité construite (le polygone d'habitat), sa surface peut être extraite via la calculatrice de champ. Celle-ci crée automatiquement un nouveau champ de surface contenant l'expression « \$area ». À savoir que l'unité du calcul sera celle de la projection. La digitalisation des polygones sera

effectuée à une échelle comprise entre 1/2 500 et 1/1 000.

Méthode n°2 : Une autre méthode consiste à **délimiter les contours des habitats sur le terrain à l'aide d'un GPS** possédant une fonction de tracé avec lequel le tour de l'édifice tufeux sera effectué. Une surface pourra ainsi en être extraite sous SIG (Figure 40) ou directement sur le GPS (en fonction du matériel). **Cette méthode est à préférer lorsque l'édifice tufeux est accessible et bien délimité.** Elle est plus précise que la précédente mais demande un coût humain plus important.



Figure 40. Exemple schématique de délimitation d'un édifice tufeux à l'aide d'un GPS.

Protocole : La fonction tracé (« track » en anglais) dont dispose la plupart des GPS, permet de tracer un parcours plus ou moins précis en fonction de l'intervalle de distance entre les mesures choisies dans le GPS et en fonction de la précision du GPS lui-même. Dans le cas où le calcul de surface n'est pas directement effectué par le GPS, le tracé est à insérer sous SIG puis à convertir en entité polygonale via l'outil « De lignes à polygones » des outils de géométrie. Comme pour la **Méthode n°1**, la surface est extraite via l'expression « \$area », sous QGIS, et comparée à la surface des années antérieures.

D'autres méthodes existent afin de mesurer la surface (**drones** qui fournissent des images ortho-rectifiées, **photographies prises en ULM**, etc.). En dernier recours, si aucune donnée surfacique n'est disponible et que le temps imparti à la mesure de l'indicateur est faible, l'opérateur, ayant au préalable une bonne connaissance de l'habitat sur le site, pourra utiliser **l'avis d'expert** pour juger de l'évolution de surface. Dans le **cas des édifices tufeux inaccessibles types cascades**, un **suivi photographique** peut également être envisagé.

Lorsque l'habitat est représenté par plusieurs polygones à l'échelle du site Natura 2000, **la somme des surfaces des polygones correspond à la surface totale de l'habitat.** Suivant la configuration de l'habitat à l'échelle du site Natura 2000 et en fonction du temps dont l'opérateur dispose, on pourra envisager de mesurer l'évolution de surface de l'ensemble des polygones présents sur le site, ou bien d'effectuer un **échantillonnage de polygones représentatif, à suivre dans le temps.** Dans le cas d'un habitat en mosaïque, l'évaluation de la surface couverte sera effectuée au niveau de la **mosaïque d'habitats.**

Remarques : plus le temps et la précision consacrés à la délimitation seront importants, meilleur sera le résultat. Les **causes** de l'évolution de la surface de l'habitat étudié doivent être renseignées (boisement, assèchement, etc.). Des **conditions climatiques similaires** entre les deux dates de comparaison choisies sont nécessaires, les habitats humides étant variables d'une année à l'autre suivant leur mise en eau.

Critère	Informations apportées	Échelle	Résultats attendus	Notes
Surface couverte	Fonctionnement général, perspectives, pérennité de l'habitat et des espèces, dynamique de l'habitat	Site	Stabilité, progression	0
			Régression	-10

Paramètre « Structures et fonctions »

Recouvrement des espèces caractéristiques de l'habitat

L'indicateur souligne les **pressions mécaniques** exercées sur l'habitat (piétinement, passage de grand gibier, passage de véhicules, etc.). Ces pressions peuvent conduire à une érosion ou un effritement du tuf dans certains cas, compromettant fortement les **possibilités de restauration** de l'habitat dégradé. Les modifications du régime hydrique et le réchauffement climatique peuvent également être des causes entraînant de faibles recouvrements des espèces caractéristiques (Bensettiti *et al.*, 2002 ; Capezzuoli *et al.*, 2014). **Deux groupements caractéristiques peuvent être distingués**, les groupements de **basses et moyennes altitudes** (de l'étage collinéen à montagnard), présentant des communautés dominées par les bryophytes (Tableau 26), et les groupements de **hautes altitudes** (de l'étage subalpin à alpin) présentant des communautés phanérogamiques plus diversifiées (Tableau 27) (Bensettiti *et al.*, 2002).

Méthode : En ciblant exclusivement les espèces listées en fonction de l'altitude, on pourra estimer leur **recouvrement** au sein de la placette. Le recouvrement pourra également être noté grâce à un relevé phytosociologique ou floristique à l'échelle de la placette.

Protocole : Il s'agira d'abord de **délimiter la placette** sur laquelle sera effectuée l'ensemble des estimations de recouvrements liées à l'évaluation du paramètre Structures et fonctions (cf. partie « Grille d'évaluation d'état

de conservation »). Les **relevés fragmentés sont possibles** si les patches d'habitat ont la même composition floristique, la même physionomie de végétation et sont soumis à une même gestion (l'absence de gestion en fait partie). On évitera de se placer en marge du polygone où des végétations extérieures à l'habitat pourraient être rencontrées (**effet de lisière**). La valeur de l'indicateur correspondra au **recouvrement cumulé de toutes les espèces caractéristiques de l'habitat**. Une aide à l'estimation du recouvrement est disponible ci-dessus (Figure 41). **Il est conseillé de noter le nom de chaque espèce caractéristique et le recouvrement associé sur la fiche de relevé**

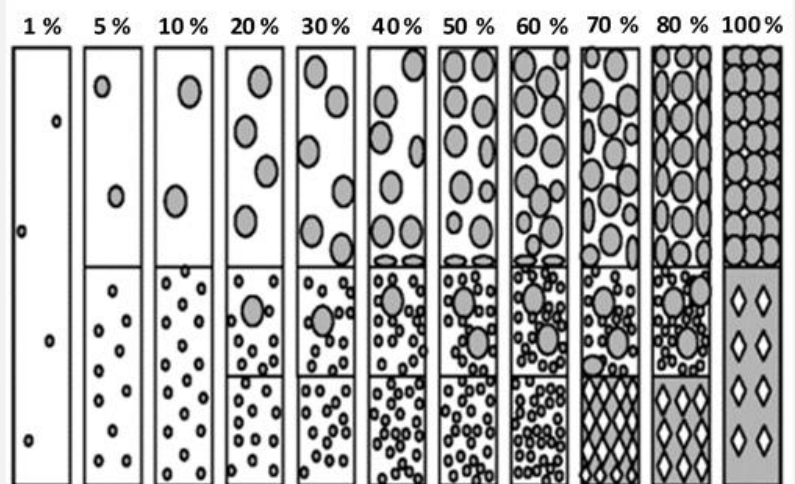


Figure 41. Aide à l'estimation des recouvrements (source : N. Fromont).

Tableau 26. Espèces caractéristiques des sources pétrifiantes de basses et moyennes altitudes.



Adiantum capillus-veneris L., 1753



Apopellia endiviifolia (Dicks.) Nebel & D. Quandt, 2016



Brachythecium rivulare Schimp., 1853



Cratoneuron filicinum (Hedw.) Spruce, 1867



Eucladium verticillatum (With.) Bruch & Schimp., 1846



Hymenostylium recurvirostrum (Hedw.) Dixon, 1933



Palustriella commutata (Hedw.) Ochyra, 1989

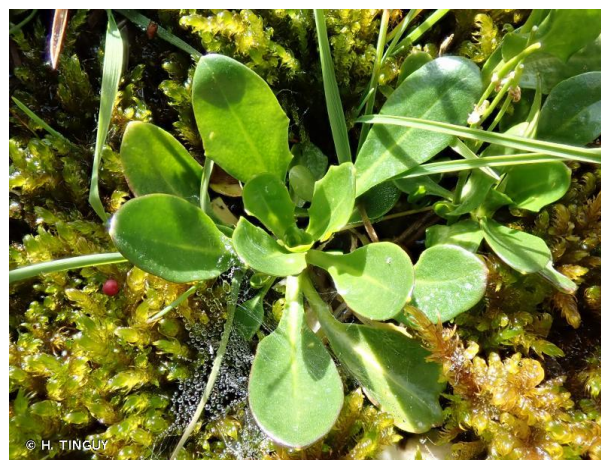
Remarques : En cas de doute, il est fortement recommandé d'utiliser une flore et de se référer aux fiches d'identification fournies à la fin du guide. Une aide peut aussi être apportée par les experts des CBN, du MNHN et autres spécialistes.

Critère	Informations apportées	Échelle	Résultats attendus	Notes
Composition floristique	Structure, qualité et fonctionnement de l'habitat, capacité de résilience	Placette	> 40 %	0
			< 40 %	-15

Tableau 27. Espèces caractéristiques des sources pétrifiantes de hautes altitudes.



Alchemilla coriacea Buser, 1891



Arabis soyeri subsp. *subcoriacea* (Gren.) Breistr., 1947



Palustriella decipiens (De Not.) Ochyra, 1989



Palustriella falcata (Brid.) Hedenäs, 1992

Remarques : En cas de doute, il est fortement recommandé d'utiliser une flore et de se référer aux fiches d'identification fournies à la fin du guide. Une aide peut aussi être apportée par les experts des CBN, du MNHN et autres spécialistes.

Critère	Informations apportées	Échelle	Résultats attendus	Notes
Composition floristique	Structure, qualité et fonctionnement de l'habitat, capacité de résilience	Placette	> 10 %	0
			< 10 %	-20

Nombre d'espèces caractéristiques de l'habitat

Si l'indicateur est très corrélé au précédent, l'information apportée n'est pas exactement la même. Sur une placette, une seule espèce caractéristique de l'habitat peut être très recouvrante. Un nombre plus élevé d'espèces caractéristiques souligne la **complexité** et la **richesse structurelle du milieu**. Il s'agit d'un indicateur **spécifique aux formations de basses et moyennes altitudes**.

Méthode : La même placette et la même liste (Tableau 26) ayant servi à estimer le recouvrement des espèces caractéristiques de l'habitat seront utilisées. Ces espèces ayant été précédemment identifiées, il suffira de les dénombrer. Attention, il s'agit bien d'estimer le nombre d'espèces, et non le nombre de pieds.

Critère	Informations apportées	Échelle	Résultats attendus	Notes
Composition floristique	Structure, qualité et fonctionnement de l'habitat, capacité de résilience	Placette	> 2	0
			< 2	-10

Recouvrement des espèces indicatrices de l'enrichissement trophique

L'**eutrophisation** est une des menaces les plus importantes pour cet habitat. Les **bryophytes** sont très sensibles à la **qualité de l'eau**. Un enrichissement en éléments nutritifs comme l'azote et/ou le phosphore est défavorable à l'état de conservation de la source (Boucard *et al.*, 2013 ; Hugonnot *et al.*, 2019). **Deux listes d'espèces indicatrices de l'enrichissement trophique** ont été mises en place afin de souligner la spécificité de l'atteinte aux formations de basses et moyennes altitudes (Tableau 28) et aux formations de hautes altitudes (Tableau 29). Ces espèces sont parfois présentes en marge. Lorsqu'elles sont présentes au sein de l'habitat, dans la partie où la tufigénèse est active, cela peut indiquer une quantité anormale de nutriments.

Méthode : En ciblant exclusivement les espèces listées en fonction de l'altitude, on pourra estimer leur **recouvrement** au sein de la placette. Le recouvrement pourra également être noté grâce à un relevé phytosociologique ou floristique à l'échelle de la placette.

Protocole : On utilisera la même placette utilisée pour la mesure du recouvrement et du nombre d'espèces caractéristiques de l'habitat. La valeur de l'indicateur correspondra à la **somme des recouvrements des espèces indicatrices de l'enrichissement trophique**. Une aide au recouvrement est disponible ci-contre (Figure 42). Il est conseillé de noter le nom de chaque espèce indicatrice de l'enrichissement trophique et le recouvrement associé sur la fiche de relevé.

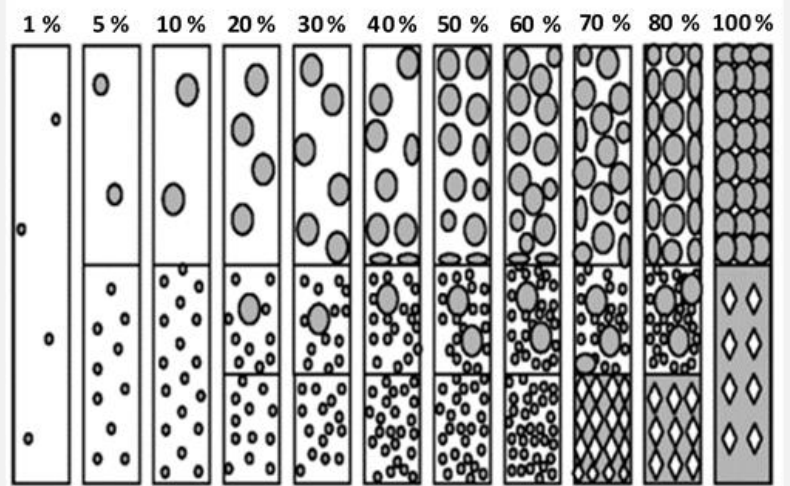


Figure 42. Aide à l'estimation des recouvrements (source : N. Fromont).

Tableau 28. Espèces indicatrices de l'enrichissement trophique des sources pétrifiantes de **basses et moyennes altitudes**.



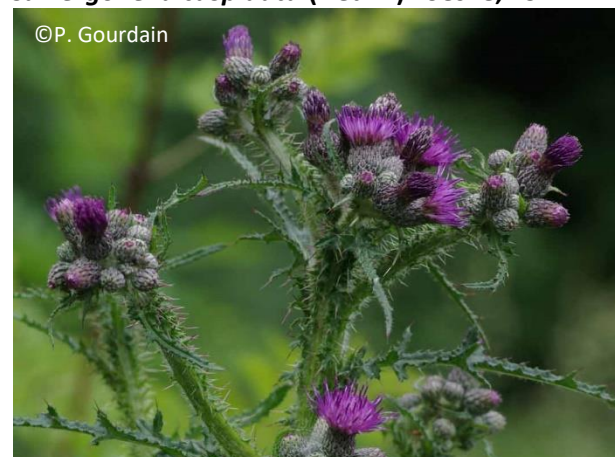
Angelica sylvestris L., 1753



Calliergonella cuspidata (Hedw.) Loeske, 1911



Carex acutiformis Ehrh., 1789



Cirsium palustre (L.) Scop., 1772



Clematis vitalba L., 1753



Dioscorea communis (L.) Caddick & Wilkin, 2002



Equisetum telmateia Ehrh., 1783



Eupatorium cannabinum L., 1753



Filipendula ulmaria (L.) Maxim., 1879



Poa trivialis L., 1753



Pulicaria dysenterica (L.) Bernh., 1800



Ranunculus repens L., 1753



***Rubus* spp.**



***Schedonorus arundinaceus* (Schreb.) Dumort., 1824**



***Scrophularia auriculata* L., 1753**



***Urtica dioica* L., 1753**



***Tussilago farfara* L., 1753**



***Veronica beccabunga* L., 1753**

Remarques : il est fortement recommandé d'utiliser une flore adaptée au contexte local, lorsque disponible, en cas de doute.

Critère	Informations apportées	Échelle	Résultats attendus	Notes
Composition floristique	Eutrophisation	Placette	< 10 %	0
			> 10 %	-20

Tableau 29. Espèces indicatrices de l'enrichissement trophique des sources pétrifiantes de hautes altitudes.



Adenostyles alliariae (Gouan) A.Kern., 1871



Alchemilla fissa Günther & Schummel, 1819



Alchemilla glabra Neygenf., 1821



Allium schoenoprasum L., 1753



Calliergonella cuspidata (Hedw.) Loeske, 1911



Caltha palustris L., 1753



Cirsium spinosissimum (L.) Scop., 1769



Deschampsia cespitosa (L.) P.Beauv., 1812



Leontodon hispidus L., 1753



Poa alpina L., 1753



Trollius europaeus L., 1753



Tussilago farfara L., 1753

Remarques : il est fortement recommandé d'utiliser une flore adaptée au contexte local, lorsque disponible, en cas de doute.

Critère	Informations apportées	Échelle	Résultats attendus	Note
Composition floristique	Eutrophisation	Placette	< 10 %	0
			10-50 %	-10
			> 50 %	-20

Nombre d'espèces indicatrices de l'enrichissement trophique

Avec cet indicateur, on évalue la **richesse spécifique des espèces indicatrices d'un enrichissement trophique**. Si l'indicateur est très corrélé au précédent, l'information apportée n'est pas exactement la même dans le sens où, sur une placette, une seule espèce peut être très recouvrante. En évaluant la richesse spécifique, on cherche à mettre en évidence des conditions stationnelles **généralisées**, favorables à l'implantation d'un groupe d'espèces ayant les mêmes exigences écologiques en termes de trophie. Il s'agit d'un indicateur **exclusif aux formations de basses et moyennes altitudes**.

Méthode : La même placette et la même liste (Tableau 28) ayant servi à estimer le recouvrement des espèces indicatrices de l'enrichissement trophique seront utilisées. Ces espèces ayant été précédemment identifiées, il suffira de les dénombrer. Attention, il s'agit bien d'estimer le nombre d'espèces, et non le nombre de pieds.

Critère	Informations apportées	Échelle	Résultats attendus	Notes
Composition floristique	Eutrophisation	Placette	<2	0
			>2	-10

Recouvrement des espèces indicatrices de l'assèchement

Les taxons listés ci-dessous ont été reconnus comme indicateurs d'un assèchement de l'habitat lorsqu'ils sont présents dans la partie où la tufigénèse est active (Tableau 30). Ces espèces peuvent également être présentes en marge de l'habitat. L'**assèchement** est couramment cité comme l'une des menaces les plus importantes pour les sources pétrifiantes, les **bryophytes** étant très **sensibles aux variations du débit et de la qualité de l'eau**. Un assèchement est donc défavorable à l'état de conservation (Hugonnot *et al.*, 2019). Il s'agit d'un indicateur **exclusif aux formations de basses et moyennes altitudes**.

Méthode : En ciblant exclusivement les espèces de la liste, on pourra estimer leur **recouvrement** au sein de la placette. Le recouvrement pourra également être noté grâce à un relevé phytosociologique ou floristique à l'échelle de la placette.

Protocole : On utilisera la même placette utilisée pour la mesure du recouvrement et du nombre d'espèces caractéristiques de l'habitat. La valeur de l'indicateur correspondra à la **somme des recouvrements des espèces**

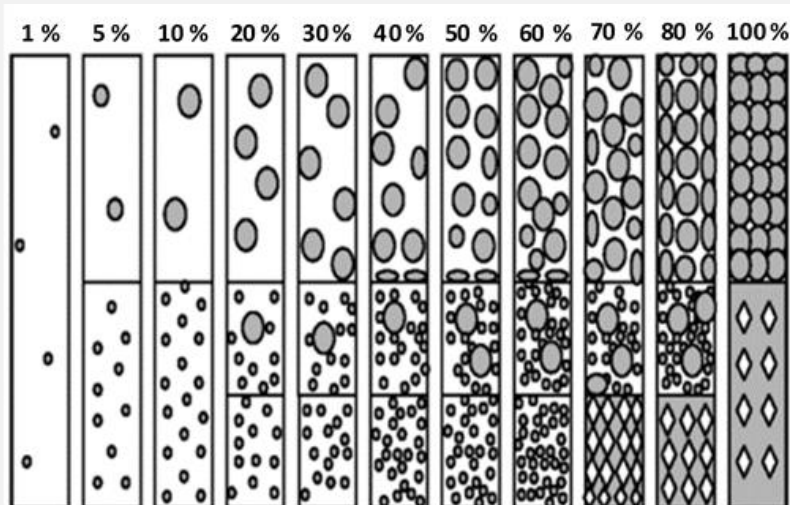


Figure 43. Aide à l'estimation des recouvrements (source : N. Fromont).

indicatrices de l'assèchement. Une aide au recouvrement est disponible ci-dessus (Figure 43). Il est conseillé de noter le nom de chaque espèce indicatrice de l'assèchement et le recouvrement associé sur la fiche de relevé.

Tableau 30. Espèces indicatrices de l'assèchement des sources pétrifiantes de basses et moyennes altitudes.



Achnatherum calamagrostis (L.) P.Beauv., 1812



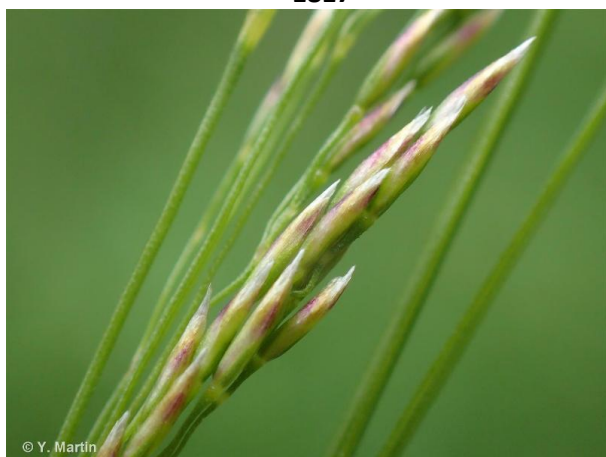
Asplenium scolopendrium L., 1753



Brachypodium rupestre (Host) Roem. & Schult., 1817



Brachypodium sylvaticum (Huds.) P. Beauv., 1812



Deschampsia cespitosa (L.) P.Beauv., 1812



Hedera helix L., 1753



Lactuca muralis (L.) Gaertn., 1791



Sesleria caerulea (L.) Ard., 1763

Remarques : il est fortement recommandé d'utiliser une flore adaptée au contexte local lorsque disponible, en cas de doute.

Critère	Informations apportées	Échelle	Résultats attendus	Notes
Composition floristique	Assèchement	Placette	< 20 %	0
			> 20 %	-20

Recouvrement des espèces indicatrices du piétinement

Les taxons listés ci-dessous ont été reconnus comme indicateurs du piétinement de l'habitat lorsqu'ils sont présents dans la partie où la tufigénèse est active (Tableau 31). Ces espèces peuvent également être présentes en marge de l'habitat. Il s'agit d'un indicateur **exclusif aux formations tufeuses de hautes altitudes**. Le **piétinement**, dû au **pâturage** ou à la **fréquentation humaine**, étant une des menaces les plus importantes à ces altitudes pour cet habitat.

Méthode : En ciblant exclusivement les espèces de la liste, on pourra estimer leur **recouvrement** au sein de la placette. Le recouvrement pourra également être noté grâce à un relevé phytosociologique ou floristique à l'échelle de la placette.

Protocole : On utilisera la même placette utilisée pour la mesure du recouvrement des espèces caractéristiques de l'habitat. La valeur de l'indicateur correspondra à la **somme des recouvrements des espèces indicatrices du piétinement**.

Une aide au recouvrement est disponible ci-dessus (Figure 44). Il est conseillé de noter le nom de chaque espèce indicatrice du piétinement et le recouvrement associé sur la fiche de relevé.

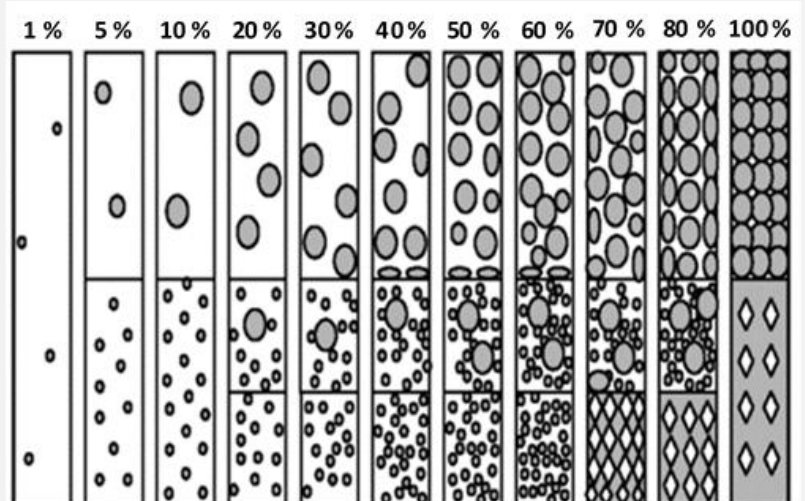


Figure 44. Aide à l'estimation des recouvrements (source : N. Fromont).

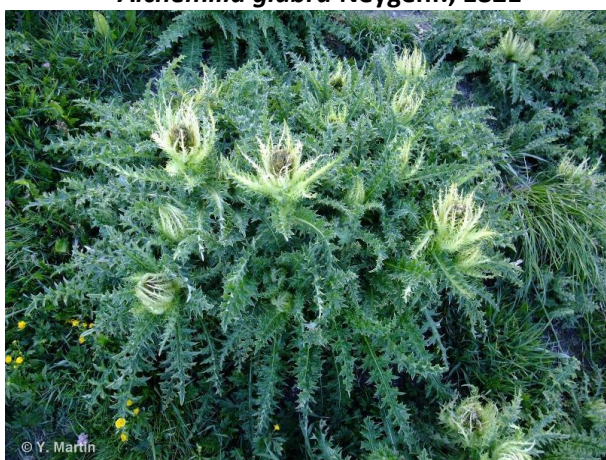
Tableau 31. Espèces indicatrices du piétinement des sources pétrifiantes de **hautes altitudes**.



***Alchemilla glabra* Neygenf., 1821**



***Blysmus compressus* (L.) Panz. ex Link, 1827**



***Cirsium* spp.**



***Leontodon* spp.**

Remarques : il est fortement recommandé d'utiliser une flore adaptée au contexte local lorsque disponible, en cas de doute.

Critère	Informations apportées	Échelle	Résultats attendus	Notes
Composition floristique	Piétinement, déstructuration	Placette	< 10 %	0
			10-66 %	-20
			> 66 %	-40

Présence d'espèces faunistiques indicatrices du bon état (bonus)

La présence de certaines espèces faunistiques traduit une constance de la qualité et de la quantité de l'approvisionnement en eau. Au sein des sources pétrifiantes, on pourra notamment relever la présence de la **salamandre tachetée (*Salamandra salamandra*)**, de l'**écrevisse à pattes blanches (*Austropotamobius pallipes*)**, du **codulégastre annelé (*Cordulegaster boltoni*)**, du **codulégastre bidenté (*C. bidentata*)** ou encore de l'**agrion de mercure (*Coenagrion mercuriale*)** (Villaret, 2019) (Tableau 32). Ces taxons peuvent être présents seuls ou simultanément, dans le cœur d'une source pétrifiante ou à proximité immédiate. À noter que le Cordulégastre bidenté est très semblable au Codulégastre annelé, tant d'un point de vue physiognomique qu'écologique. Le premier remplace

parfois le second dans le sud du pays. Il s'agit d'un indicateur **exclusif aux formations de basses et moyennes altitudes**, ces espèces n'étant plus présentes en hautes altitudes.

Méthode : La **présence** d'une seule de ces espèces pourra être relevée à l'**opportuniste** ou en suivant un **protocole précis**, en fonction du temps et des moyens dont l'opérateur dispose pour effectuer l'évaluation.

Protocole : Dans le cas d'un protocole précis, la prospection sera effectuée à l'échelle de l'**éco-complexe** (polygone d'habitat et habitats en contact direct). Il s'agira de parcourir l'éco-complexe en tentant d'identifier **à vue** les espèces cibles ou par **photo**, entre mars et juillet pour la salamandre, entre avril et septembre pour les odonates, de mai à octobre pour l'écrevisse. Plusieurs passages pourront être effectués, en veillant à éviter les journées pluvieuses et/ou aux températures fraîches. Pour observer les odonates de près, un **filet fauchoir** peut être utilisé. Toutefois, il s'agira de respecter la réglementation relative à *Cordulegaster boltonii* (espèce protégée en Île-de-France).

Coenagrion mercuriale (Agrion de mercure)

DESCRIPTION



Statut : Liste rouge des odonates de France métropolitaine, catégorie LC

Taille de l'abdomen : ♂ 19 à 27 mm et ♀ 21 à 27 mm

Taille des ailes postérieures : ♂ 12 à 19 mm et ♀ 17 à 21 mm

Période de prospection : Les adultes sont observés d'avril à novembre dans le sud, de mai à septembre dans le nord.

F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

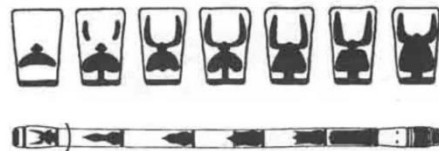
IDENTIFICATION



Le mâle a le corps de couleur bleue et noire. La femelle est verdâtre avec la face dorsale de l'abdomen noire. L'espèce se distingue par :

- (1) La forme circulaire de ses taches post-oculaires
- (2) La forme du bord postérieur de la base antérieure du thorax, qui, en vue de dessus, est relativement rectiligne sauf au milieu où se dessine une petite proéminence en pointe
- (3) Le dessin en forme de tête de taureau au niveau du deuxième segment de l'abdomen (uniquement chez le mâle)

Variations possibles de la tache du deuxième segment :



HABITAT

Cette espèce se reproduit dans les eaux courantes claires et bien oxygénées avec une végétation hygrophile abondante. Ses habitats typiques sont les petites rivières, les ruisseaux, les rigoles, les fossés, les suintements et les fontaines. La ponte se fait sur la partie immergée des plantes aquatiques et supporte mal l'assèchement et le gel. Elle est également assez sensible à la pollution organique.

CONFUSION

C. caerulescens



C. scitulum



Source : https://www.galerie-insecte.org/galerie/view.php?adr=%2Fimage%2Fdos4%2Ftemp%2Fcoenagrions_cpn.jpg,
http://odonates.pnaoPie.fr/wp-content/uploads/2013/01/Habitats_Coenagrion_mercuriale_FINAL.pdf et INPN

Cordulegaster bidentata (Cordulégastré bidenté)

DESCRIPTION



Statut : Liste rouge des odonates de France métropolitaine, catégorie LC

Taille de l'abdomen : ♂ 50 à 59 mm et ♀ 56 à 65 mm

Taille des ailes postérieures : ♂ 41 à 46 mm et ♀ 46 à 51 mm

Période de prospection : L'adulte est observable de juin à septembre dans le sud, et de mai à août dans le nord.

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

IDENTIFICATION



Les cordulégastrés sont des libellules de grande taille (70-100 mm). Mâles et femelles sont colorés de noir et de jaune, avec de grands yeux verts qui se touchent en un seul point. Deux espèces très semblables peuvent se confondre : le cordulégastré bidenté (*Cordulegaster bidentatus*) et le cordulégastré annelé ou de Bolton (*C. boltonii*).

Le cordulégastré bidenté se distingue par la présence sur chaque segment abdominal de 2 taches jaunes formant un anneau large dans le tiers antérieur des segments 4 à 8.

HABITAT

Cette espèce est typique des cours d'eau à faible débit comme les sources, les suintements, les ruisseaux sableux et les zones de tufs. Elle est présente dans les zones de colline et de moyenne montagne en contexte forestier. La larve vit entre 2 et 6 ans, dans les sédiments sableux où elle chasse à l'affût.

CONFUSION

Macromia splendens



Cordulegaster boltonii (Cordulégastre annelé)

DESCRIPTION



Statut : Liste rouge des odonates de France métropolitaine, catégorie LC

Taille de l'abdomen : ♂ 45 à 61 mm et ♀ 65 à 69 mm

Taille des ailes postérieures : ♂ 40 à 48 mm et ♀ 41 à 51 mm

Période de prospection : L'adulte est observable de mai à octobre.

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

IDENTIFICATION



Les cordulégastes sont des libellules de grande taille (70-100 mm). Mâles et femelles sont colorés de noir et de jaune, avec de grands yeux verts qui se touchent en un seul point. Deux espèces très semblables peuvent se confondre : le cordulégastre bidenté (*Cordulegaster bidentatus*) et le cordulégastre annelé ou de Bolton (*C. boltonii*).

Le cordulégastre boltonii se distingue de *C. bidentatus* par la présence de 4 taches qui forment un anneau large et bien visible dans le tiers antérieur et un deuxième anneau, très fin le long de la marge postérieure des segments 3 à 7.

HABITAT

Cette espèce est typique des ruisseaux bien oxygénés, à fond sableux. On peut également la rencontrer dans certaines grandes rivières. Les mâles s'observent facilement lors de leur patrouille le long du cours d'eau alors que les femelles sont plus discrètes et ne s'approchent de l'eau que pour pondre en solitaire.

CONFUSION

Macromia splendens



Source : http://dominique.mouchene.free.fr/librs/docs/ESPECE/docs/Cordulegaster_bidentata_canton_vaud.pdf et INPN



Austropotamobius pallipes (Lereboullet, 1858)



Salamandra salamandra (Linnaeus, 1758)

Critère	Informations apportées	Échelle	Résultats attendus	Notes
Composition faunistique	Support de biodiversité, lieu de reproduction, flux avec les niveaux trophiques supérieurs	Écocomplexe	Présence	+10

Paramètre « Altérations »

Somme des atteintes quantifiables en surface



Photo 10. Piétinement d'un massif tufeux dans l'Aisne (Fontaine Saint-Martin).

Les sources pétrifiantes sont particulièrement sensibles aux modifications de l'écoulement de l'eau et à la fréquentation. Cet habitat nécessitant des apports en eau constants, **toute forme de canalisation de l'écoulement** est négative pour sa conservation. La fréquentation inclut le **piétinement humain** (Photo 10), les **traces de véhicules**, le passage de **bétail** ou de **gibier (sangliers)** qui peuvent amener à l'érosion du tuf.

Méthode : On relèvera **toutes les atteintes visibles à l'échelle du polygone ou de l'édifice tufeux**. Il s'agira parfois de leur attribuer une estimation de **surface du polygone/de l'édifice impactée**.

Protocole : Chaque atteinte relevée se voit attribuer une **note** de 1 à 2 selon son origine (anthropique ou naturelle), la surface d'habitat impactée ou encore sa localisation par rapport au polygone/à l'édifice. **La somme des notes attribuées à chaque atteinte donne la note globale de l'indicateur**. Le tableau ci-dessous donne une liste des atteintes quantifiables en surface potentiellement présentes sur les sources pétrifiantes (Tableau 33).

Tableau 33. Liste des atteintes quantifiables en surface pouvant affecter les sources pétrifiantes.

Atteintes quantifiables (polygone/édifice)	Points
Passage de quads, piétinement dû à la fréquentation (< 50 %)*	1
Passage de quads, piétinement dû à la fréquentation (> 50 %)*	2
Passage de sangliers	2
Présence d'EEE	1
Artificialisation des berges	2
Passage d'engins lourds	2
Dépôts de matériaux/décharge	2
Extraction de tuf	2
Plantations en périphérie	1
Plantations au centre	2
Drains artificiels*	2
Incendies	1
Bois mort	1
Curage des berges	2
Broyage	2

Remarques : La liste proposée est non exhaustive et peut être complétée par l'opérateur. Attention toutefois à ne pas ajouter une atteinte pouvant déjà être prise en compte dans le cadre de l'évaluation d'un autre indicateur afin d'éviter toute redondance. C'est notamment le cas en l'état avec les indicateurs marqués d'un *, potentiellement redondants avec les indicateurs de composition floristique.

Critère	Informations apportées	Échelle	Résultats attendus	Notes
Atteintes lourdes	Fonctionnement général, connectivité, capacité de résilience	Polygone/Édifice tufeux	0	0
			1	-5
			2	-10

Atteintes dont l'impact est difficilement quantifiable en surface

Ce sont des atteintes dont l'impact ne peut être quantifié en surface. La complétude de la liste des atteintes diffuses évoluera suite aux différentes phases de terrain, le cas échéant.

Méthode : Il s'agit d'évaluer l'**impact** des atteintes difficilement quantifiables en surface à l'échelle du **site ou du bassin versant** sur l'état de conservation de l'habitat.

Protocole : Toutes les atteintes présentes sur le site ou le bassin versant qui peuvent avoir un impact sur l'état de conservation de l'habitat doivent être recensées. Les atteintes potentielles sont listées ci-dessous (Tableau 34). À **dire d'expert**, il s'agit d'évaluer l'**impact global** de toutes les atteintes recensées.

Tableau 34. Exemple d'atteintes difficilement quantifiables en surface pouvant affecter les sources pétrifiantes.

Atteintes difficilement quantifiables en surface
Drainage
Activités de pompage, extraction de matériaux
Rejets ponctuels, pollutions
Chaulage
Agriculture avec usage d'intrants
Sports de montagne (ski, etc.)
Surfréquentation
Barrage
Endiguement
Chenalisation
Enrésinement/plantations
Aménagement chemin carrossable

Remarques : La liste proposée est non exhaustive et peut être complétée par l'opérateur.

Critère	Informations apportées	Échelle	Résultats attendus	Notes
Atteintes diffuses	Fonctionnement général, capacité de résilience, pérennité de l'habitat	Site/Bassin versant	Impact négligeable ou nul	0
			Impact moyen	-10
			Impact moyen	-20

Fiche terrain pour l'évaluation de l'état de conservation des formations tufeuses de basses et moyennes altitudes

Indicateurs à relever à l'échelle de la placette  ou du polygone 

Site Natura 2000	IDPolygone	Date	Auteur(s)	Localisation	Coordonnées GPS	Projection	N° photos

Paramètre	Critère	Indicateur	Résultats attendus	Notes	Résultats observés	Notes associées	Espèces contactées ou Atteintes rencontrées	Recouvrements associés
Structures et fonctions	Composition floristique	Recouvrement des espèces caractéristiques de l'habitat (%)	> 40	0				
			< 40	-15				
		Nombre d'espèces caractéristiques de l'habitat	> 2	0				
			< 2	-10				
		Recouvrement des espèces indicatrices de l'enrichissement trophique (%)	< 10	0				
			> 10	-20				
		Nombre d'espèces indicatrices de l'enrichissement trophique	< 2	0				
			> 2	-10				
		Recouvrement des espèces indicatrices de l'assèchement (%)	< 20	0				
			> 20	-20				
Composition faunistique	Présence d'espèces faunistiques indicatrices du bon état (bonus)	Présence	+10					
Altérations	Atteintes lourdes	Somme des atteintes quantifiables en surface	Somme des points = 0	0				
			Somme des points = 1	-5				
			Somme des points ≥ 2	-10				
Note globale à l'échelle de la placette = 100 + somme des notes =							État de la placette =	

Indicateurs à relever à l'échelle du site

Paramètre	Critère	Indicateur	Résultats attendus	Notes	Résultats observés	Notes associées	Surface (année 1)	Surface (année 2)
Surface	Surface couverte	Évolution de la surface couverte par l'habitat	Progression, stabilité	0				
			Régression	-10				
Altérations	Atteintes diffuses	Atteintes difficilement quantifiables en surface	Impact négligeable ou nul	0				
			Impact moyen	-10				
			Impact fort	-20				
			Note des indicateurs à l'échelle du site =					
							Atteintes recensées	Impact

Évaluation globale à l'échelle du site

Modalités	Notes
Plus de 70 % des placettes en état favorable	0
Entre 50 et 70 % des placettes en état favorable	-15
50 % des placettes en état favorable et 50 % des placettes en état dégradé	-30
Entre 50 et 70 % des placettes en état dégradé	-45
Plus de 70 % des placettes en état dégradé	-60
Note globale d'état de conservation des formations tufeuses de basses et moyennes altitudes à l'échelle du site Natura 2000 = 100 + Note liée au pourcentage de placettes en états favorables et/ou défavorables + Note des indicateurs relevés à l'échelle du site =	

Merci d'envoyer les résultats de l'évaluation ainsi que tous vos commentaires à l'adresse suivante :
margaux.mistarz@mnhn.fr

Fiche terrain pour l'évaluation de l'état de conservation des formations tufeuses de hautes altitudes

Indicateurs à relever à l'échelle de la placette  ou du polygone 

Site Natura 2000	IDPolygone	Date	Auteur(s)	Localisation	Coordonnées GPS	Projection	N° photos

Paramètre	Critère	Indicateur	Résultats attendus	Notes	Résultats observés	Notes associées	Espèces contactées ou Atteintes rencontrées	Recouvrements associés
Structures et fonctions	Composition floristique	Recouvrement des espèces caractéristiques de l'habitat (%)	> 10	0				
			< 10	-20				
		Recouvrement des espèces indicatrices de l'enrichissement trophique (%)	< 10	0				
			10-50	-10				
			> 50	-20				
		Recouvrement des espèces liées au piétinement (%)	< 10	0				
			10-66	-20				
			> 66	-40				
		Altérations	Atteintes lourdes	Somme des atteintes quantifiables en surface	Somme des points = 0	0		
Somme des points = 1	-5							
Somme des points ≥ 2	-10							
Note globale à l'échelle de la placette = 100 + somme des notes =							État de la placette =	

Indicateurs à relever à l'échelle du site

Paramètre	Critère	Indicateur	Résultats attendus	Notes	Résultats observés	Notes associées	Surface (année 1)	Surface (année 2)
Surface	Surface couverte	Évolution de la surface couverte par l'habitat	Progression, stabilité	0				
			Régression	-10				
Altérations	Atteintes diffuses	Atteintes difficilement quantifiables en surface	Impact négligeable ou nul	0			Atteintes recensées	Impact
			Impact moyen	-10				
			Impact fort	-20				
Note des indicateurs à l'échelle du site =								

Évaluation globale à l'échelle du site

Modalités	Notes
Plus de 70 % des placettes en état favorable	0
Entre 50 et 70 % des placettes en état favorable	-15
50 % des placettes en état favorable et 50 % des placettes en état dégradé	-30
Entre 50 et 70 % des placettes en état dégradé	-45
Plus de 70 % des placettes en état dégradé	-60
Note globale d'état de conservation des formations tufeuses de hautes altitudes à l'échelle du site Natura 2000 = 100 + Note liée au pourcentage de placettes en états favorables et/ou défavorables + Note des indicateurs relevés à l'échelle du site =	

Merci d'envoyer les résultats de l'évaluation ainsi que tous vos commentaires à l'adresse suivante :
margaux.mistarz@mnhn.fr

Bibliographie

Bardat J., Bioret F., Botineau M., Boullet V., Delpéch R., Géhu J.-M., Haury J., Lacoste A., Rameau J.-C., Royer J.-M., Roux G. & Touffet J., 2004. - Prodrôme des végétations de France. Collection Patrimoines Naturels 61, Muséum National d'Histoire Naturelle. 171p.

Bensettiti F., Gaudillat V. & Haury J., 2002. - *Cahiers d'habitats Natura 2000. Connaissance et gestion des habitats d'intérêt communautaire. Tome 3. Habitats humides*. Éd. La Documentation française. 457p.

Bensettiti F., Boullet V., Chavaudret-Laborie C. & Deniaud J., 2005. - « *Cahiers d'habitats* » *Natura 2000. Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire. Tome 4 - Habitats agropastoraux*. Éd. La Documentation française. 2 volumes : 445p. et 487p.

Boucard E., Scagni J. & Voiron M., 2013. - Étude et cartographie des sources pétrifiantes avec formation de travertins (*Cratoneurion* – code Natura 2000 : *7220) du site Natura 2000 FR4301334 : « Petite montagne du Jura ». Mosaïque environnement & Ésope, Communauté de communes de la Petite Montagne. 43p.

Capezzuoli E., Gandin A. & Pedley M., 2014. - Decoding Tufa and Travertine (Fresh Water Carbonates) in the Sedimentary Record: The State of the Art. *Sedimentology* 61: 1-21

Gaudillat V., Argagnon O., Bensettiti F., Bioret F., Boullet V., Causse G., Choynet G., Coignon B., de Foucault B., Delassus L., Duhamel F., Fernez T., Herard K., Lafon P., Le fouler A., Panaiotis C., Poncet R., Prud'homme F., Rouveyrol P. & Villaret J.-C., 2018. - Habitats d'intérêt communautaire : actualisation des interprétations des Cahiers d'habitats. Version 1. Rapport UMS Patrinat 2017-104. Unité Mixte de Service Patrimoine naturel, Fédération des Conservatoires botaniques nationaux, Ministère de la Transition écologique et solidaire. 62p.

Hugonnot V., Vanderpert H. & Granato L., 2017. - Les bryophytes du complexe pétrifiant de Saint-Maurin (La Palud-sur-Verdon, Alpes-de-Haute-Provence). Approche conservatoire. *Bulletin de la Société Linnéenne de Provence* 68 : 87

Hugonnot V., Vanderpert H. & Granato L., 2019. - Mise en place d'un suivi de la végétation des tufs - Guide méthodologique. Réserve Naturelle Régionale de Saint-Maurin, Conservatoire d'espaces naturels Provence-Alpes-Côte d'Azur. 28p.

Lyons M.D. & Kelly D.L., 2016. - Monitoring guidelines for the assessment of petrifying springs in Ireland. *Irish Wildlife Manuals* n°34. National Parks and Wildlife Service, Department of Arts, Heritage, Regional, Rural and Gaeltacht Affairs. 73p.

Pentecost A., 1993. - British Travertines: A Review. *Proceedings of the Geologists' Association* 104, p 23-39.

UMS Patrinat, 2019. - Résultats synthétiques de l'état de conservation des habitats et des espèces, période 2013-2018. Rapportage article 17 envoyé à la Commission européenne, avril 2019.

Villaret J.-C., Van Es J., Sanz T., Pache G., Legland T., Mikolajczak A., Abdulhak S., Garraud L. & Lambey B., 2019. - *Guide des habitats naturels et semi-naturels des Alpes du Jura méridional à la Haute Provence et des bords du Rhône au Mont-Blanc. Description, écologie, espèces diagnostiques, conservation*. Édition Naturalia publications. 639p.

