



*Bulletin*  
*de la*

# SOCIÉTÉ LINNÉENNE DE LYON



# **Présentation et évaluation préliminaire de l'intérêt patrimonial du site fossilifère du Carbonifère supérieur alpin de Vaulnaveys-le-Bas (Isère, France)**

**Didier Rastel**<sup>1,2</sup>, **Bruno Vallois**<sup>3</sup>, **Aurélien Jouve**<sup>4</sup> et **Georges Belleserre**<sup>5</sup>

<sup>1</sup> 2 place de Valmy, F-38130 Echirolles - d.rastel@wanadoo.fr et <sup>2</sup> Association culturelle de Vaulnaveys-le-Bas - ascvb38410@gmail.com.

<sup>3</sup> 12 rue du Grésivaudan, F-38450 Domène.

<sup>4</sup> 169 chemin du Parc Serviantin, F-38330 Biviers.

<sup>5</sup> 42 rue Lesdiguières, F-38000 Grenoble

Résumé. – La commune de Vaulnaveys-le-Bas en Isère recèle un site paléontologique méconnu du Carbonifère supérieur alpin. Les échantillons de plantes recueillis constituent des assemblages floristiques variés, dont un rare témoin de milieu méso-xérophile de bassin limnique intra-montagneux. Une présentation préliminaire de ce site ainsi qu'une estimation de son intérêt patrimonial sont les objets de cet article.

Mots-clés. – Carbonifère tardif, Alpes Française, paléobotanique.

## **Vaulnaveys-le-Bas, a Late Carboniferous fossiliferous deposit of French Alps: first description and heritage interest**

Abstract. – Located in Vaulnaveys-le-Bas (Isère, France), a Late Carboniferous fossiliferous deposit of French Alps contains a high diversity of plants including a rare floral assemblage representative of a basinal non-marine dry-land. The aim of this paper is to give a preliminary description and an evaluation of the heritage interest of the deposit.

Key words. – Late Carboniferous, French Alps, paleobotany.

### INTRODUCTION

La richesse du patrimoine français est liée à son histoire, sa culture mais aussi à la localisation géographique de la France au cours des temps géologiques. Les conséquences de cette paléogéographie sont visibles dans les sites géologiques et paléontologiques qui sont nombreux sur le territoire (DE WEVER *et al.*, 2014 ; EGROFF *et al.*, 2014a). Ces derniers ont fourni des informations parfois majeures contribuant à l'explication de la succession et de l'évolution des organismes ayant vécu et vivant sur notre planète ainsi que de l'évolution climatique au cours des âges. Ce patrimoine doit être évalué et mis en valeur car il peut aussi jouer un rôle économique direct ou indirect pour les communes qui les hébergent (GUIOMAR, 2009 ; EGROFF *et al.*, 2014b).

La richesse patrimoniale d'un site fossilifère s'appuie le plus souvent sur une longue histoire, les sites étant connus depuis parfois des siècles. De la collecte initiale par des curieux ou des naturalistes, amateurs éclairés ou non, à la mise en valeur, scientifique par les publications et/ou économique d'un site, la route est parfois longue et souvent le fait d'une histoire locale, du hasard, d'intervention de personnalités parfois hors du commun, mais souvent sans protocole formalisé au préalable (GUIOMAR, 2009). Plus ou moins rapidement un cadre législatif, hésitant entre interdiction et sensibilisation, protégera ce patrimoine paléontologique selon

sa vulnérabilité qu'elle soit naturelle ou anthropique (BILLET, 2002 ; ATEN, 2005 ; BARRERE *et al.*, 2005 ; CAYLA, 2009 ; CAYLA *et al.*, 2010). Tel est le cas en Isère de gisements célèbres comme celui de Saint-Quentin-Fallavier représentant l'Aalénien et le Toarcien (SAINT MARTIN, 2003).

Le Carbonifère isérois est présent dans nombreux sites fossilifères principalement localisés dans la bordure externe du massif cristallin de Belledonne. Peu d'entre eux ont fait l'objet d'étude et, en dehors de la notoriété de certains sites auprès de collectionneurs, l'estimation de leur richesse patrimoniale suivie de mesures de valorisation est peu développée (GREBER, 1965 ; BROUSMICHE-DELCAMBRE & MENKVELD-GFELLER, 2007). Un affleurement fossilifère du Carbonifère supérieur localisé dans le massif de Belledonne sur la commune de Vaulnaveys-le-Bas offre des caractéristiques propres à sa mise en avant sur la scène paléontologique locale, nationale voire internationale. L'objet de cet article est de présenter le site et de détailler la méthode, originale, développée pour une première estimation du potentiel patrimonial.

### CONTEXTE GÉOGRAPHIQUE ET GÉOLOGIQUE

La chaîne varisque, immense formation montagneuse, est la résultante du rapprochement de deux ensembles continentaux, le Gondwana au sud et la Laurentia au nord, associée à la fermeture de plusieurs ensembles océaniques. Son cycle s'étire du dernier tiers du Précambrien au Carbonifère et la chaîne s'étend sur environ 3000 km d'ouest en est, du sud-est américain jusqu'à la Turquie. La déformation orogénique se poursuit jusqu'au Carbonifère moyen, et l'évolution de la chaîne jusqu'au Permien. La chaîne varisque européenne est séparée en quatre domaines lithotectoniques majeurs. Leurs frontières, ou sutures, sont révélées par la présence de marqueurs (tels ophiolithes, roches magmatiques,...). Dans la partie méridionale, nous concerne le domaine Moldanubien s'étendant du nord du Portugal à la Bohême, avec la suture éo-varisque où plusieurs branches sont identifiées (Figure 1a).

La branche sud-est de la chaîne varisque expose ses affleurements de la Bohême à la Sardaigne dont les massifs cristallins alpins externes (MCE) (VON RAUMER *et al.*, 1993). Ces derniers sont, de l'Italie à la Suisse en passant par la France, du sud au nord : le massif de l'Argentera, les massifs de Belledonne-Grandes Rousses-Pelvoux, les massifs des Aiguilles Rouges-Mont Blanc, les massifs de l'Aar-Gothard (Figure 1b). Le massif de Belledonne a la particularité de permettre l'étude de l'ensemble des roches de la chaîne depuis son origine car elles sont affleurantes en différents points. Il est caractérisé par la présence des trois domaines géologiques constitutifs des MCE. Le domaine ouest, qui nous concerne, est caractérisé par une unité de flyshs appelée la « Série Satinée » (BORDET & BORDET, 1963). La frontière avec le domaine central au sud est matérialisée par une faille décrochante appelée le synclinal médian de Belledonne. Les événements tectoniques seraient successivement une mise en place en nappes vers le nord-ouest au Dévonien inférieur, un rétrocharriage au Viséen, une extension tardi-carbonifère expliquant les différentes unités géologiques correspondant à une « nappe pile » incluant des unités d'âge et d'origine différentes (GUILLOT & MÉNOT, 1999 ; FERNANDEZ *et al.*, 2002 ; GUILLOT & MÉNOT, 2009 ; FRÉVILLE *et al.*, 2018). Durant cette dernière phase les sédiments carbonifères se sont déposés au sein de bassins de subsidence, intra-montagneux. Si ce domaine ouest est essentiellement constitué

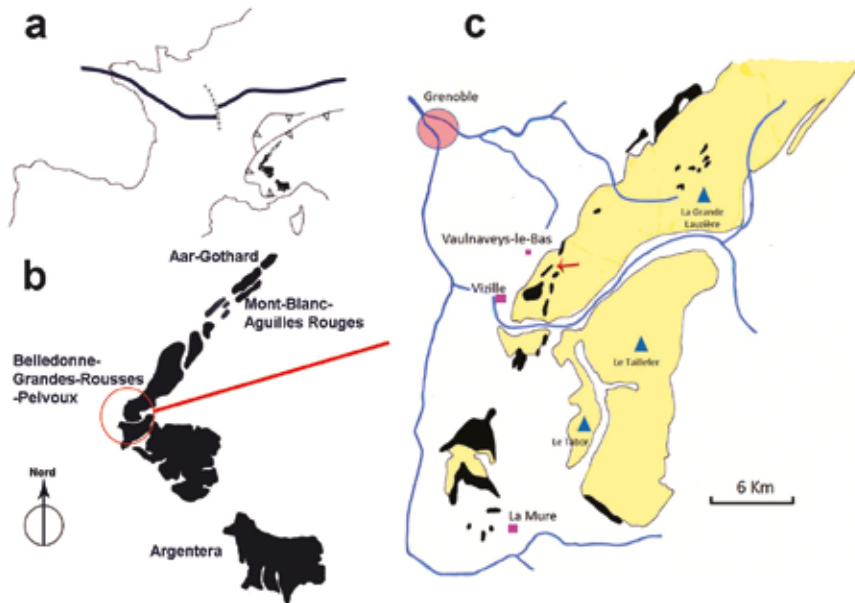


Figure 1. Localisation du site fossilifère du carbonifère tardif de Vaulnaveys-le-Bas (Isère, France).  
a) les massifs cristallins externes et les rapports tectoniques simplifiés. En gras : la suture éo-varisque ; ligne avec triangles : les principales structures post-varisques (adapté principalement de Fréville *et al.*, 2018) ;  
b) les quatre grands massifs cristallins externes des Alpes ;  
c) localisation du gisement de Vaulnaveys-le-Bas au sein du massif de Belledonne (flèche rouge), les zones noires représentant les affleurements carbonifères.

de micaschistes faiblement métamorphiques, il contient des dépôts carbonifères dont celui de Vaulnaveys-le-Bas, fossilifère (BARFÉTY *et al.*, 1972) (Figure 1c). Ces couches sédimentaires paléozoïques ont subi des transformations orogéniques suite à l'érosion de cette chaîne varisque puis une fragmentation et des déplacements secondaires à l'orogénèse alpine au Tertiaire mais ils ont été partiellement préservés (BARFÉTY *et al.*, 1972 ; BARFÉTY *et al.*, 1989, BARFÉTY *et al.*, 2000). On peut estimer que ces dépôts représentent au maximum 5 millions d'années d'histoire de la terre.

Ces gisements sont d'origine non marine, variables en dimensions et s'étendant sur l'ensemble du massif du nord-ouest au sud-ouest et principalement en couverture ; les sédiments se sont accumulés au sein de bassins ou en marge de ces bassins (MORET, 1945). Le site de Vaulnaveys-le-Bas est proche du bassin houiller de la Mure et en serait une extension nord (HAUDOUR & SARROT-REYNAULD DE CRESSENEUIL, 1956). Les coordonnées Lambert 93 du site sont X 921051.12 / Y 6447923.22 pour la latitude et X 45.095169 / Y 5.810606 pour la longitude (Figure 1c). Le gisement est de forme grossièrement ovoïde et il a une faible extension d'environ 385 m de long et 82 m de large si on se réfère à la carte géologique locale (BARFÉTY *et al.*, 1972). Il s'étend sur le versant ouest du sud du massif de Belledonne, à 600 m d'altitude, accusant une pente de 36°, en couvert forestier ce qui rend l'accès et les collectes délicates. Les affleurements sont en grande partie recouverts de débris.

## DONNÉES HISTORIQUES SUR LE GÉOTOPE

Le site, qui n'a pas de renommée internationale ni nationale, est probablement connu depuis des siècles comme en témoignent de nombreux trous de mines métallifères paysannes qui parsèment ses environs dont un au sommet du site et où furent extraits principalement du fer, de la galène et de la sidérite ; les fossiles n'ont alors pu échapper aux mineurs.

Les premiers fossiles rigoureusement identifiés provenant de Vaulnaveys-le-Bas faisaient partie de la collection privée du géologue C. Lory (LORY, 1860). Ils sont datés de 1880 et maintenant localisés dans la collection de l'Université de Grenoble-Alpes (précisément au sein de l'OSUG, Observatoire des Sciences de l'Univers de Grenoble) qui contient aussi des spécimens d'autres collecteurs tel M. Courtial, dont le nom figure sur l'étiquette d'un échantillon.

Puis, selon les données de la littérature, les spécimens précédents ainsi que des nouveaux furent étudiés par R. Zeiller qui publia en 1895 la description d'un Sphénophyte nouveau, *Equisetites spatulatus*, qu'il attribua au Pennsylvanien moyen (sous-système et série), à partir de syntypes dont deux se trouvent actuellement dans les collections de l'Université Claude Bernard Lyon 1 (ex collections de l'École des Mines de Paris) (ZEILLER, 1895). Des spécimens d'autres taxons furent identifiés par le même paléobotaniste et une liste de 24 taxons fut publiée en 1908 (KILLIAN & RÉVIL, 1908) (Tableau I). Une partie de ces échantillons se trouve aussi dans les collections de l'Université Claude Bernard Lyon 1.

Le site ne fit plus parler de lui jusqu'en 1961, date à laquelle un échantillon identifié comme *Lepidostrobis* sp. de Vaulnaveys-le-Bas fut présenté dans un mémoire traitant de la géologie du bassin de La Mure et des environs (SARROT-RAYNAULD DE CRESSENEUIL, 1961).

Dans les années 2002 à 2014, le site fut à nouveau fouillé par des amateurs qui recueillirent alors deux nouveaux taxons pour le site, identifiés comme la morpho-espèce *Taeniopteris jejunata* Grand'Eury et l'espèce *Dicranophyllum gallicum* Grand'Eury (VALLOIS & BELLESSERRE, 2015). La plus grande partie de ces spécimens (Collections Vallois, donation 2011 et Belleserre, donations 2017-2018) est localisée au Muséum d'Histoire Naturelle de Grenoble (MHNGr).

À partir de 2016, sous l'impulsion d'une équipe d'amateurs agrandie, une orientation scientifique est donnée. Munis des autorisations nécessaires et des soutiens de spécialistes définissant les limites de leur action, l'équipe se rend régulièrement sur le site pour des prospections de surface. Cette équipe a une connaissance paléobotanique autodidacte, mais possède, dans d'autres domaines, une formation scientifique universitaire et une compétence en recherche. Les échantillons découverts sont, eux aussi, conservés dans les collections du MHNGr (Collections Vallois, Jouve, Rastel, donations 2018).

## L'ENSEMBLE FOSSILIFÈRE

En sud-Isère, le bassin houiller de la Mure s'étend au nord et inclurait le site de Vaulnaveys-le-Bas actuellement inséré dans les dépôts cristallins de la série satinée de micaschiste (GUILLOT & MÉNOT, 1999). Si l'organisation sédimentaire carbonifère du bassin de La Mure est complexe, elle a été décrite comme plus simple sur le plan

PTERIDOPSISIDA	PTERIDOSPERMOPSISIDA	EQUISETOPSISIDA
<i>Aphlebia</i> sp. <i>Linopteris</i> sp. <i>Asterotheca</i> sp. <i>Oligocarpia brogniarti</i> Stur <i>Pecopteris acuta</i> Brongn. <i>Pecopteris</i> sp. <b><i>Pecopteris cyathea</i></b> (Schlotheim) <b><i>Pecopteris arborescens</i></b> (Schlotheim) Brongn. * <b><i>Polymorphopteris polymorpha</i></b> Brongn.	<i>Dicksonites pluckenettii</i> (Schloth.) Sterzel <i>Aulatheca</i> sp. <i>Cyclopteris</i> sp. <i>Neuropteris ovata</i> Hoffmann <b><i>Odontopteris</i> sp.</b> <i>Whittlesya</i> sp.	<b><i>Asterophyllites equisetiformis</i></b> (Schloth.) Brongn. <b><i>Annularia stellata</i></b> (Schloth.) Wood <i>Annularia</i> sp. <i>Annularia sphenophylloides</i> (Zenker) Gutbier <b><i>Calamites cisti</i></b> Brongn. <b><i>Calamites cannaeformis</i></b> Schimper* <b><i>Calamites suckowi</i></b> Brongn. <i>Crucicalamites multiramis</i> Weiss <i>Calamostachys</i> sp. <b><i>Equisetites spatulatus</i></b> Zeiller <i>Sphenophyllum</i> sp.
CORDAITOPSISIDA	LEPIDOPSISIDA	GINKGOOPSISIDA
<i>Artisia</i> sp. <i>Cardiocarpus</i> sp. <i>Cordatanthus</i> sp. <i>Cordaicladus</i> sp. <b><i>Cordaites</i> sp.</b> <i>Dorycordaites</i> sp. <i>Pachycordaites</i> sp. <b><i>Poacordaites lingulatus</i></b> Grand'Eury	<b><i>Lepidodendron</i> sp.</b> <i>Diaphorodendron</i> sp. <i>Lepidophloios</i> sp. <b><i>Lepidostrobophyllum</i></b> <b><i>hastatum</i></b> (Lesq.) Chaloner <b><i>Lepidostrobus</i> sp.</b> <i>Sigillaria brardii</i> Brongn. <i>Syringodendron</i> <i>Stigmaria</i> sp.	<i>Dicranophyllum gallicum</i> Grand'Eury <i>Dicranophyllum</i> sp.
PROGYMNOSPERMOPSISIDA	CYCADOPSISIDA	INCERTAE SEDIS
<i>Rhacopteris asplenites</i> (Gutbier) Schimper	<i>Lesleya iberiensis</i> Correia <i>Lesleya cheimaraosa</i> Leary and Pfefferkorn <i>Lesleya</i> sp.	<i>Taeniopteris</i> sp. <i>Taeniopteris multinervia</i> Weiss <i>Taeniopteris jejuna</i> Grand'Eury <b><i>Sphenopteris</i> sp.</b>

Tableau I. Liste des espèces et morpho-espèces végétales collectées sur le site de Vaulnaveys-le-Bas (Isère) au 1<sup>er</sup> décembre 2018. En gras : les espèces figurant sur la liste de KILLIAN & RÉVIL en 1908. L'astérisque signifie que l'espèce n'a pas été retrouvée depuis 1908.

stratigraphique (SARROT-RAYNAULD DE CRESSENEUIL, 1961). Les dépôts carbonifères liés au bassin de la Mure ont initialement été attribués uniquement au Stéphanien A (étage régional) avant qu'une remise en question par la découverte de dépôts d'âge anté-stéphanien ne soit publiée en 1950, puis confirmée par des travaux ultérieurs concluant à la présence associée de sédiments d'âge Westphalien D. Ces mêmes auteurs constatent que, dans les différentes localités où le Carbonifère est identifiable, les dépôts des deux périodes sont présents et toujours séparés par un conglomérat épais. Ceci serait aussi le cas pour Vaulnaveys-le-Bas (HAUDOUR & SARROT-REYNAULD DE CRESSENEUIL, 1956 ; SARROT-REYNAULD DE CRESSENEUIL, 1961). L'attribution des couches à chacun des

deux âges est basée sur des critères géologiques et paléontologiques en sachant que, du point de vue lithologique, Westphalien D et Stéphienien A sont similaires constitués d'alternances d'argillites et de pélites schisteuses, dites talquées voire bitumineuses.

En ce qui concerne Vaulnaveys-le-Bas, un ensemble sédimentaire hétérolithique de 37 m de hauteur a été mesuré ; il est plafonné par une épaisse couche de roches cristallophylliennes d'origine varisque. Sa base est noyée dans une grande quantité des débris mêlant roches cristallophylliennes et sédiments carbonifères résultant non seulement de l'érosion le long de la pente du gisement mais aussi du creusement d'une route forestière à la partie haute du dépôt dont les déblais ont été versés dans la pente (Planche 1). De ces faits, seule une petite partie du Carbonifère est directement affleurant et, sur la partie accessible, le conglomérat dit « de base » n'a pas été identifié avec certitude. Cependant, il existe une brèche d'environ 1 m d'épaisseur, riche en fragments de quartz grossier de différentes grosseurs, quadrangulaires, qui sépare deux zones sédimentaires d'inégale richesse paléontologique. Conclure à la présence des deux étages géologiques sur le site est prématuré. Le litage des éléments de la brèche révèle que la série sédimentaire n'est pas inversée.

L'épaisseur du dépôt carbonifère n'est pas un indice de l'âge puisque l'on sait qu'en différents points du bassin de La Mure où les gisements ont été étudiés, l'épaisseur des couches des deux âges est variable (HAUDOUR & SARROT-REYNAULD DE CRESSENEUIL, 1956).

Les couches les plus fossilifères sont localisées dans la moitié supérieure du dépôt, la moitié inférieure étant considérée comme dépourvue de fossiles. Une coupe dite de travail, encore incomplète, est présentée sur la figure 2.

La contribution de l'analyse paléontologique est en cours et fera l'objet d'un travail de synthèse ultérieur. Les premières données apportent cependant quelques éléments de réponse sur l'âge. Précisons qu'à ce jour aucune analyse palynologique n'a été réalisée et les spécimens collectés, à 99,5 % floraux, sont le plus souvent mal préservés et de petite taille du fait du transport des plantes avant fossilisation ce qui en fait un dépôt considéré comme principalement de type allochtone.

Parmi la flore présente sur Vaulnaveys-le-Bas, *Dicksonites pluckeneti* Schlot. permettrait avec un peu plus de certitude d'avancer un âge Asturien (sous-étage, Europe de l'ouest). Cependant la présence de *Sphenophyllum* sp.,

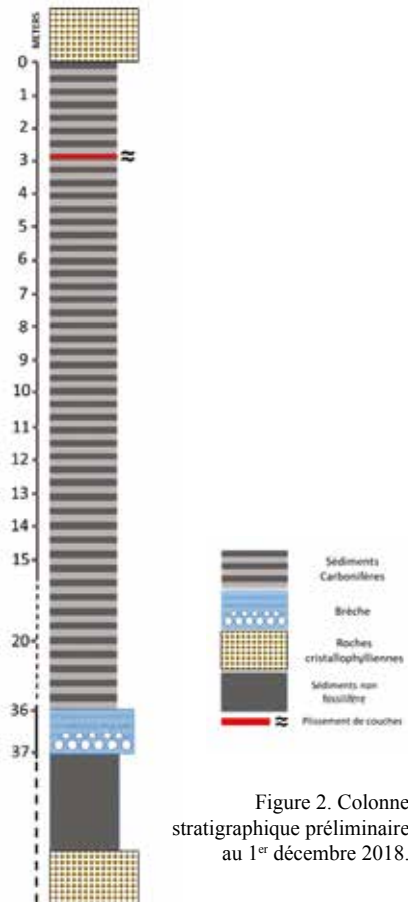


Figure 2. Colonne stratigraphique préliminaire au 1<sup>er</sup> décembre 2018.

*Crenulopteris* sp., trop mal conservés pour une identification spécifique, laissent planer un doute pour le Kasimovien (étage global) et nous n'avons pas trouvé de fossiles zonaux indiscutables (SCHNEIDER *et al.*, 2017). On doit donc s'en tenir à un âge Moscovien-Kasimovien (étage global) soit proche Asturien-Cantabrien (RICHARDS, 2013).

Sur un plan plus régional, la flore alpine carbonifère est peu documentée comparée à celle d'autres dépôts carbonifères français (BERTRAND, 1926 ; MARTIN, 1960 ; GREBER, 1965 ; BROUSMICHE-DELCAMBRE *et al.*, 1995, 1997, 1998 ; BROUSMICHE-DELCAMBRE & PROZ, 1998 ; BROUSMICHE-DELCAMBRE *et al.*, 1999 ; BÉTHOUX, 1997 ; BROUSMICHE-DELCAMBRE & MENKVELD-GFELLER, 2007). En Isère, elle est localisée, sur le plan stratigraphique, à partir de l'assise dite de « La Faurie ». C'est au-dessus de cette assise d'une puissance maximale de 80 m que se situent la partie dite productive, beaucoup plus développée, et les principales veines de charbon exploitées à La Mure jusqu'en 1997. L'assise de La Faurie fut attribuée au Westphalien (Cantabrien) par la présence d'une flore caractéristique riche en *Neuropteris ovata* Hoffmann contenue dans les argiles schisteuses. Un rapprochement entre cette assise et le dépôt de Vaulnaveys-le-Bas peut être fait. Cependant il est à noter que *N. ovata* est considéré aujourd'hui comme un moins bon marqueur de zone qu'il ne l'était à l'époque.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

### Collecte

Les spécimens sont collectés soit directement au niveau des affleurements soit dans les amoncellements de débris. La collecte au niveau des affleurements est très limitée car ceux-ci, en majorité, bordent une route forestière passante, unique accès à un hameau situé plus au sud, et qui, bien entendu, ne peut être encombrée de gravats (Planche 1).

Une importante quantité de débris est exploitée ; ils proviennent des roches dégagées lors du creusement de la route forestière et représentent un mélange de roches sédimentaires et de roches cristallines situées immédiatement au-dessus des couches fossilifères.

Placer les spécimens trouvés dans ces amoncellements sur la colonne stratigraphique est entaché d'imprécision. Pour réduire la marge d'incertitude, le site a été divisé en secteurs dont la dimension est variable car correspondant à la configuration des différentes parties du site (présence de rigoles de ravinement ou non, en fonction de l'épaisseur de la couche sédimentaire estimée dégagée, etc.) (Planche 1). À chaque sortie, les spécimens collectés dans les débris par chaque membre de l'équipe sont étiquetés en prenant en compte cette sectorisation.

### Analyse descriptive du site

Pour cette analyse, une méthode originale est proposée. Deux évaluations sont effectuées : l'une dite environnementale en rapport avec la géographie du site et l'autre paléontologique qui représente le potentiel scientifique.

Chacune de ces évaluations contient huit paramètres définis ci-dessous et mesurés de manière qualitative de 0 à 6 (0 représentant une « mauvaise » note au paramètre et 6 la note maximale). Pour chacun de ces ensembles, un graphique de type « toile d'araignée » est construit.

1 - *L'ensemble dit environnemental* contient les paramètres suivants : 1) la proximité du site lié à la distance que doivent parcourir les membres de l'équipe collectrice ; 2) l'accessibilité, qui représente les conditions pour atteindre les affleurements ; 3) la dangerosité ; 4) la facilité de recueil des échantillons, c'est-à-dire l'ergonomie sur le terrain ; 5) la fréquence des échantillons présentant un intérêt, liée au nombre de roches qu'il faut examiner après fente ou refente pour mettre à jour des fossiles présentant un intérêt (méthode des échantillons appauvris) ; 6) le temps passé à fouiller compté en nombre d'heures sur site ; 7) le temps de préparation des fossiles avant que leur examen scientifique soit possible ; 8) le nombre de pertes qui estime l'importance des spécimens dispersés (dans des collections privées non accessibles) ou perdus (collectionneur connu mais décédé, fréquentation du site par les collectionneurs ou les pilleurs) (Tableau II).

Ensemble environnemental	
Paramètres	Descriptif
Proximité	Comptée en kilomètres séparant le lieu de résidence des principaux intervenants sur le terrain (dans le cas présent les amateurs) du plus proche point de stationnement du site. Sont définis 6 niveaux, cotés de 0 à 6 : 100-200 km, 50-100 km, 20-50 km, 10-20 km, 3-10 km, < 3 km.
Accessibilité	Mesurée entre l'absence totale d'accès (absence de chemin) coté 0 et l'accès total (c'est-à-dire un site se situant à côté d'un « parking » à véhicule motorisé) coté 6.
Dangerosité	Le paramètre s'intéresse au niveau de risque que représente la collecte pour les collecteurs. Coté 0 lorsque le site est par exemple à flanc de falaise et 6 lorsqu'il est situé par exemple en terrain plat sans risque d'enlèvement.
Recueil	Coté de 0 lorsque le recueil est très difficile (c'est-à-dire nécessitant un matériel lourd et une extraction longue et fatigante) à 6 lorsqu'il s'agit simplement de se baisser pour ramasser les spécimens.
Fréquence	Il s'agit d'une mesure de la fréquence des spécimens en condition appauvrie, méthode adaptée de la méthode des quadrats.
Temps	Temps cumulé passé à prospecter de tous les intervenants sur site, rapporté sur un mois. Les 6 niveaux, de 0 à 6, sont les suivants sachant que plus on passe de temps à la fouille et moins la cotation est élevée (péjoratif) : > 50 h, 40 à 50 h, 30 à 40 h, 20 à 30 h, 10 à 20h et < 10h.
Préparation	Coté de 0 (lorsque tous les fossiles doivent être préparés et faire l'objet d'un dégagement, avant de pouvoir être examinés) à 6 (lorsque les fossiles ne nécessitent aucune préparation préalable).
Perte	Il s'agit d'un paramètre qualitatif assez subjectif. Lorsqu'un site est connu depuis longtemps, fait l'objet de fouilles régulières par des amateurs collectionneurs ou des associations, on peut émettre l'hypothèse que les échantillons contenus dans les collections privées sont moins accessibles sur le plan scientifique et ont une probabilité plus élevée d'être perdus que lorsqu'ils sont localisés dans les collections muséales. La cotation va donc de 6 (si le site est non connu, jamais prospecté en dehors de l'équipe faisant l'évaluation) à 0 (site régulièrement visité, voire pillé, depuis longtemps).

Tableau II. Éléments descriptifs de l'ensemble environnemental du site.

La mesure de fréquence appauvrie est une adaptation de la méthode des quadrats. Elle consiste à examiner les roches dans les gravats une fois qu'elles ont subi un premier examen par un collecteur et qu'elles ont été laissées de côté comme étant de peu d'intérêt (d'où le terme d'« appauvrie »). Ne sont ainsi considérées que les roches dépourvues des spécimens les plus intéressants. Si lors d'un premier examen un des quadrats ne contient aucune trace fossilifère, une refente est autorisée. Les

fragments doivent avoir une dimension de plus de 100 cm<sup>2</sup> (jugée sur gabarit). Chaque échantillon de roche est ainsi observé sur ses deux faces et les principaux types de spécimens observés classés en 9 groupes : absence de fossile visible à l'œil nu, végétal indéterminable, *Cordaites*, spécimen à aspect de fougère, Lépidophyte (branche ou fragment d'écorce), *Lepidostrobophyllum*, forme phylloïde, Sphénophyte, Autre.

2 - *L'ensemble paléontologique* contient les paramètres suivants : 1) la diversité hors échantillons botaniques ; 2) le nombre total de taxons ; 3) le nombre de taxons botaniques comparé avec celui des autres sites carbonifères alpins ; 4) l'état de préservation des échantillons ; 5) les assemblages de différents types paléoclimatiques ; 6) la fréquence des associations de taxons ; 7) le nombre de taxons remarquables ; 8) le degré de liberté (Tableau III).

Ensemble paléontologique	
Paramètres	Descriptif
Taxons	Il concerne le nombre de genres botaniques uniquement (le nombre d'espèces n'est pas pris en compte). 1 : pour moins de 5 genres ; 2 : entre 5 et 10 ; 3 : entre 10 et 15 ; 4 : entre 15 et 20 ; 5 : entre 20 et 25 et 6 : pour > 25 genres.
Comparatif	Nombre de genres du site comparé avec le nombre de genres des autres sites du carbonifère alpin. Coté 1 : s'il est inférieur au nombre de genres du site qui contient le nombre minimum de genres ; 2 : s'il est égal ; 3 : s'il est entre le nombre de genres minimum et le nombre du site en contenant le maximum ; 4 : s'il est équivalent au nombre de genres du site en contenant le plus ; 5 : s'il dépasse ce nombre et 6 : s'il le dépasse de plus de 50 %.
Préservation	Mesure l'état de conservation moyen des spécimens. Entre 0 : spécimens indéfinissables et 6 : conservation parfaite permettant une identification spécifique.
Flores	Il s'agit de prendre en considération le nombre d'assemblages floraux différents successifs observés sur le site et pouvant refléter des variations paléoclimatiques. 1 pour un seul, 2 pour deux assemblages, ... et 6 pour ≥ 6 flores.
Associations	Représente le % des échantillons de roches qui révèlent au moins trois des groupes étudiés sur un même échantillon (sur les échantillons collectés et conservés et non les échantillons appauvris). 1 pour 1-10 %, 2 pour 10-20 %, 3 pour 20-30 %, 4 pour 30-40 %, 5 pour 40-50 % et 6 pour > 50 %.
Remarquables	Concerné le nombre d'objets paléontologiques remarquables, soit parce qu'ils ont été trouvés uniquement sur ce site, soit par l'existence de spécimens considérés comme topotypes ou d'espèces considérées comme rares en France. Si une espèce n'est présente que sur le site, la cotation est d'emblée 4 ; si le site est le topotype pour une espèce, cotation d'emblée 3 ; si les deux sont associés, on passe d'emblée à 5. Si une espèce est considérée comme rare, 1 point par espèce, à ajouter aux scores précédents.
Diversité	Nombre de formes de vie rencontrées sur le site. 0 : uniquement des plantes ; 1 : plantes + ichnotraces ; 2 : plantes + ichnotraces + insectes ; 3 : + mollusque ; 4 : + arthropode chélicérate ; 5 : 3 + vertébré non tétrapode ; 6 : 3 ou 4 + vertébré tétrapode.
Liberté	Mesure la pression administrative à incrémenter les précédents paramètres. 0 : impossibilité de poursuivre une prospection ; 1 : difficultés administratives majeures permettant une prospection très limitée ; 2 : importantes ; 3 : modérées ; 4 : faibles ; 5 : inexistantes ; 6 : administration facilitatrice (politique de sensibilisation en place).

Tableau III. Eléments descriptifs de l'ensemble paléontologique du site.

## RÉSULTATS

### Ensemble environnemental

Le site est à une distance moyenne de 19,1 km (17,2-22) pour chacun des trois membres de l'équipe soit une cotation à 3 sur 6. Le site est accessible, à partir d'une route départementale, par un chemin forestier mais qui ne permet pas de garer un véhicule à moins de 800 m : la cotation est de 3 sur 6. Le site est pentu (36° environ), les gravats schisteux lisses sont souvent glissants et il existe un risque de chute de pierres sur certaines zones notamment le « trou de mine » : la cotation est de 3 sur 6. Le recueil dans les gravats est aisé avec une pioche et une houe et la pente facilite l'évacuation des roches sans intérêt ; la fragmentation des plaques est aisée mais nécessite l'aménagement d'une sorte d'enclume : la cotation est de 4 sur 6. La fréquence des échantillons identifiables est faible ; en utilisant la méthode des quadrats appauvris décrite plus haut, sur 431 quadrats examinés à travers le site 19,7 % ne contiennent aucun fossile visible à l'œil nu. Sur 346 quadrats contenant des restes fossilisés la fréquence des spécimens identifiables au niveau de l'ordre est de 54,2 %, et parmi les spécimens identifiables les feuilles de *Cordaites* sont la composante principale (27,4 %), puis viennent les lépidophytes ou *Lepidostrobophyllum* (23,2 %) et 21,8 % de formes phylloïdes diverses (Graphique 1). Ce résultat ne doit pas masquer la présence de zones plus riches mais qui sont aussi des dépôts fossilifères allochtones formés principalement de débris végétaux où le spécimen d'intérêt paléontologique reste rare. La cotation est donc de 2 sur 6 pour ce critère.

La collecte s'organise le plus souvent autour de sorties communes d'une durée, en moyenne, de 3 heures passées sur le terrain tous les 10 jours soit un total de 30 heures par mois pour l'équipe. La cotation est donc de 3 sur 6.

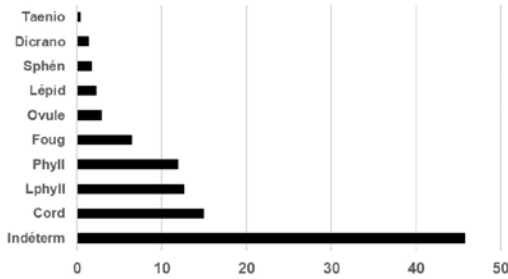
Les spécimens nécessitent peu de préparation. Un lavage doux à l'eau et, rarement, un dégagement ; la cotation est donc de 5 sur 6. Étant peu connu le site n'a pas été pillé. De rares collectionneurs ont prospecté ; l'un d'eux a été identifié avec une collection accessible. Les collections anciennes ont, pour l'essentiel, été retrouvées. Sur place nous n'avons rencontré en deux ans qu'une seule personne fouillant le site.

Au total la cotation de l'ensemble environnemental est de 28 sur 48. Ces résultats sont résumés dans le Graphique 2.

### Ensemble paléontologique

Le nombre de genres que contiennent les assemblages floraux est de 40 au 1<sup>er</sup> décembre 2018 (Tableau I et planches 2 à 5). La cotation de la rubrique « taxons » est donc de 6 sur 6. La comparaison du nombre de genres du site de Vaulnaveys-le-Bas avec les autres sites carbonifères isérois ou proches montre une supériorité de plus de 38 % par rapport au site ayant le plus proche nombre de taxon (Graphique 4). La cotation est donc de 5 sur 6. Les échantillons sont de petite taille (le plus souvent des fragments) ; la conservation d'un grand nombre de spécimens est altérée par une épigénisation où séricite et pyrite dominent. Quelques niveaux livrent cependant des spécimens mieux conservés. La cotation pour ce critère restera à 2 sur 6.

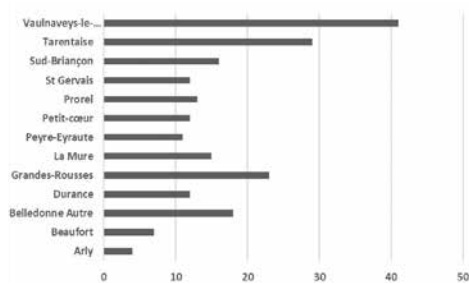
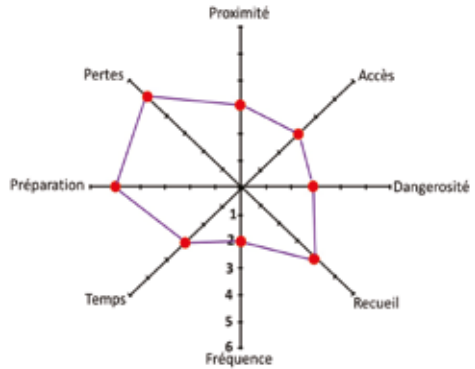
Le site a livré à ce jour trois assemblages floraux qui pourraient se succéder selon un schéma encore non élucidé : un assemblage caractéristique de milieux hydrophile,



Graphique 1. Fréquence (en %) de répartition des fossiles dans les différents groupes suite à l'examen des quadrats appauvris.

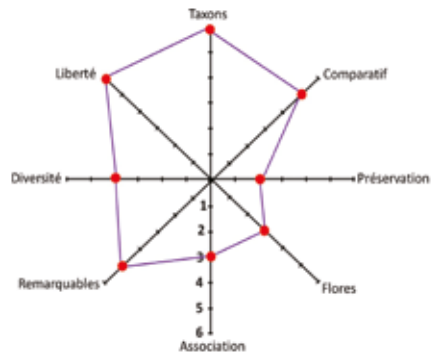
Indéterm : spécimen non identifiable ; Cord : feuille de cordaites ; Lphyll : *Lepidostrophophyllum* ; Phyll : formes phylloïdes ; Foug : fougère vraie ou ptéridospermée ; Ovule : ovule de tout type ; Lépid : écorce ou branche de lépidophyte ; Sphén : sphénophyte ; Dicrano : feuille ou axe de *Dicranophyllales* ; Taenio : spécimen appartenant au morphogène *Taeniopteris*.

Graphique 2. Représentation générale de l'ensemble environnemental.



Graphique 3. Comparatif du nombre de genres présents sur le site de Vaulnaveys-le-Bas au 1<sup>er</sup> décembre 2018 avec différents sites de l'arc alpin (basé sur GRÉBER, 1965).

Graphique 4. Représentation générale de l'ensemble paléontologique.



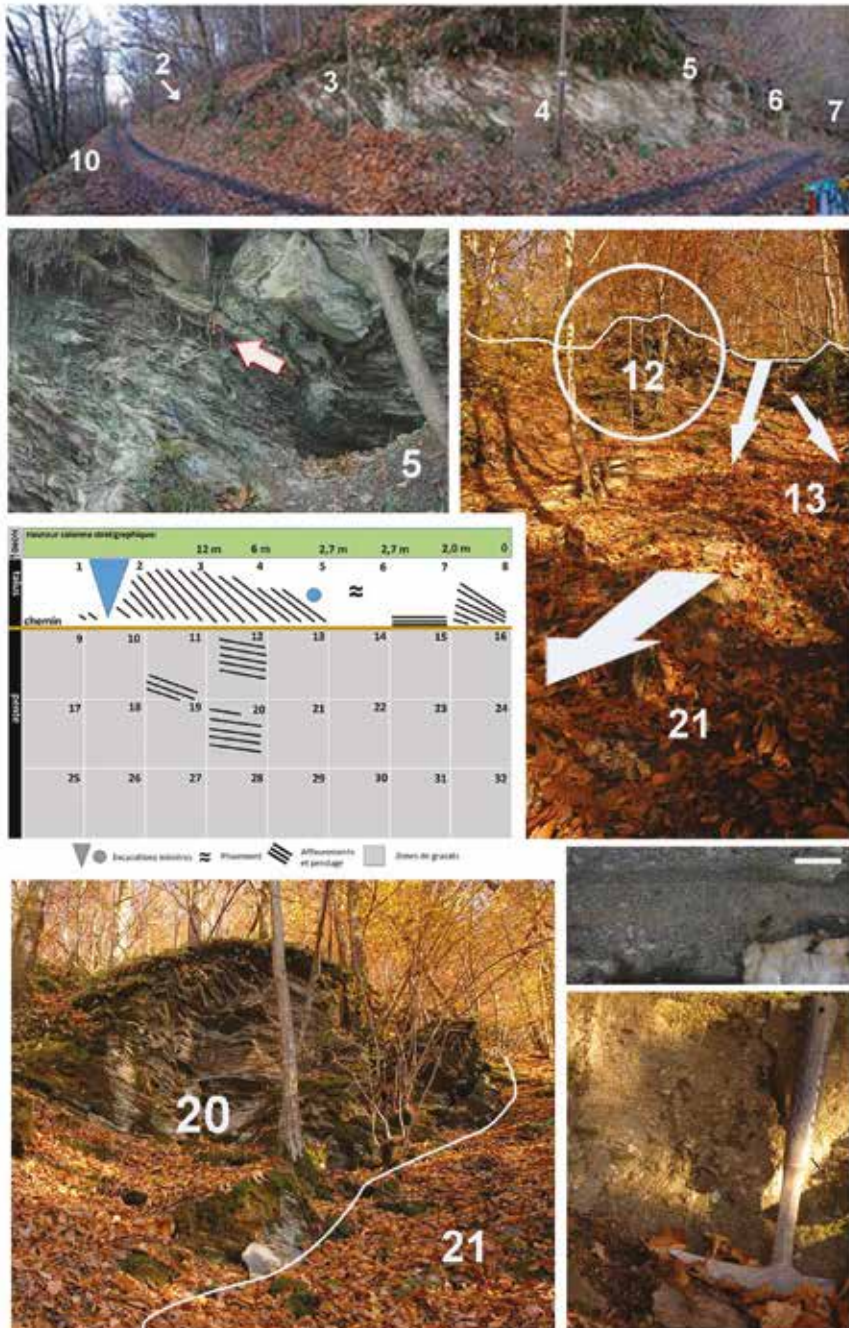


Planche 1. Détail du site en fonction de la sectorisation représentée sur le graphique. A titre d'exemple certains secteurs sont montrés sur les clichés et indiqués par la numérotation. La flèche rouge représente la limite entre roches cristallophylliennes (au-dessus) et sédiments carbonifères (au-dessous). Les flèches blanches représentent les couloirs de glissement des débris accumulés. En bas à droite, la brèche.

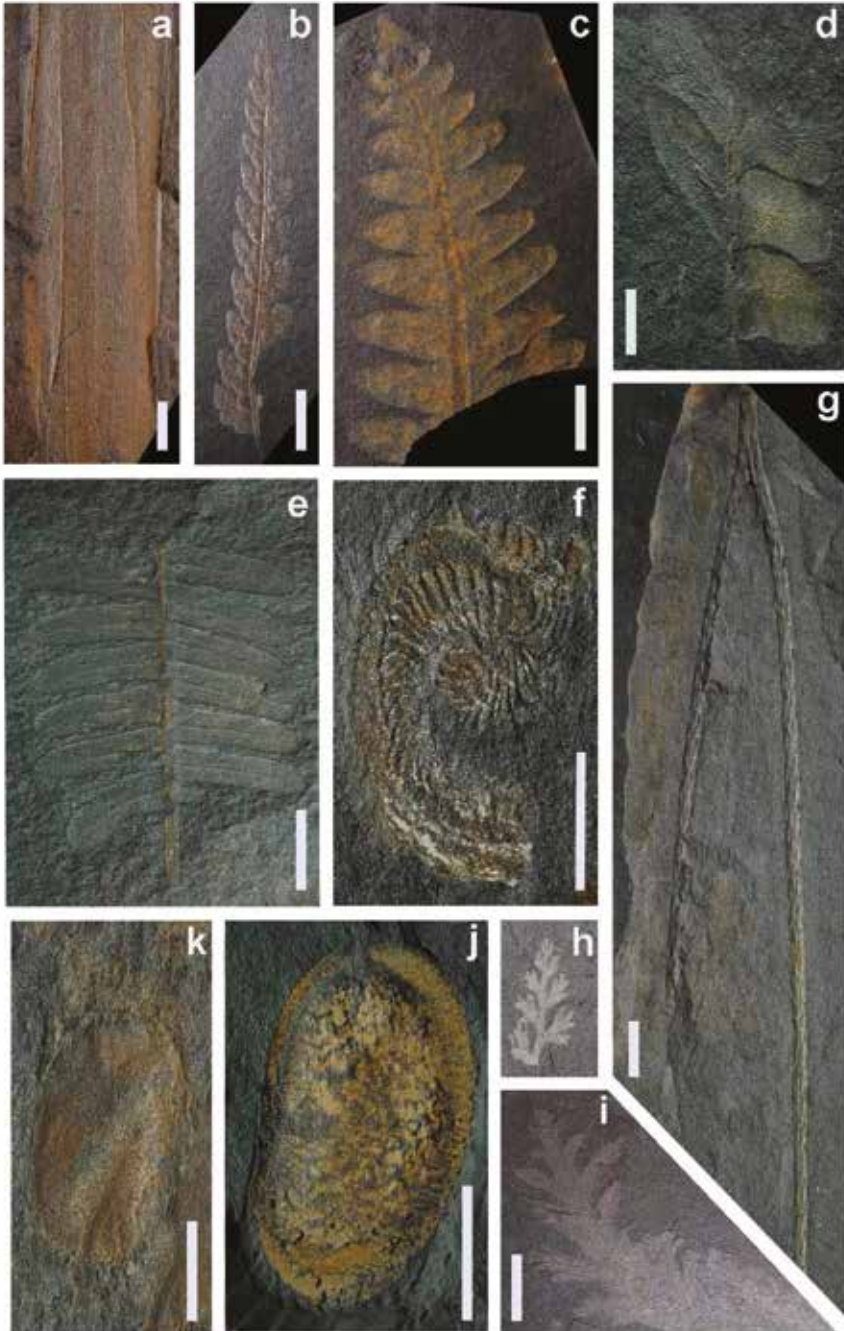


Planche 2. a) axe de ptéridosperme avec structure scalariforme ; b) *Dicksonites pluckenettii* (Schlot.) ; c) *Pecopteris acuta*, Brongniart ; d) *Neuropteris ovata* ; e) *Polymorphopteris polymorpha* ; f) *Spiropteris* sp. (crosse) ; g) probable axe de Callistophytalles ; h) pinnule de *Sphenopteris* sp. (hauteur du spécimen : 5 mm) ; i) *Aphlebia* sp. ; j) et k) ovules non déterminés. Echelles : 5 mm (a, b, c, d) ; 10 mm (e, f, g, i, j, k).



Planche 3. a) *Sphenophyllum* sp. ; b) *Annularia* sp. aff. *spicata* ; c) *Calamostachya* sp. ; d) *Asterophyllites equisetiformis* (Schlot.) ; e) *Calamites* sp. ; f) *Calamites* sp. ; g) *Cordaites* sp. Echelles : 10 mm.

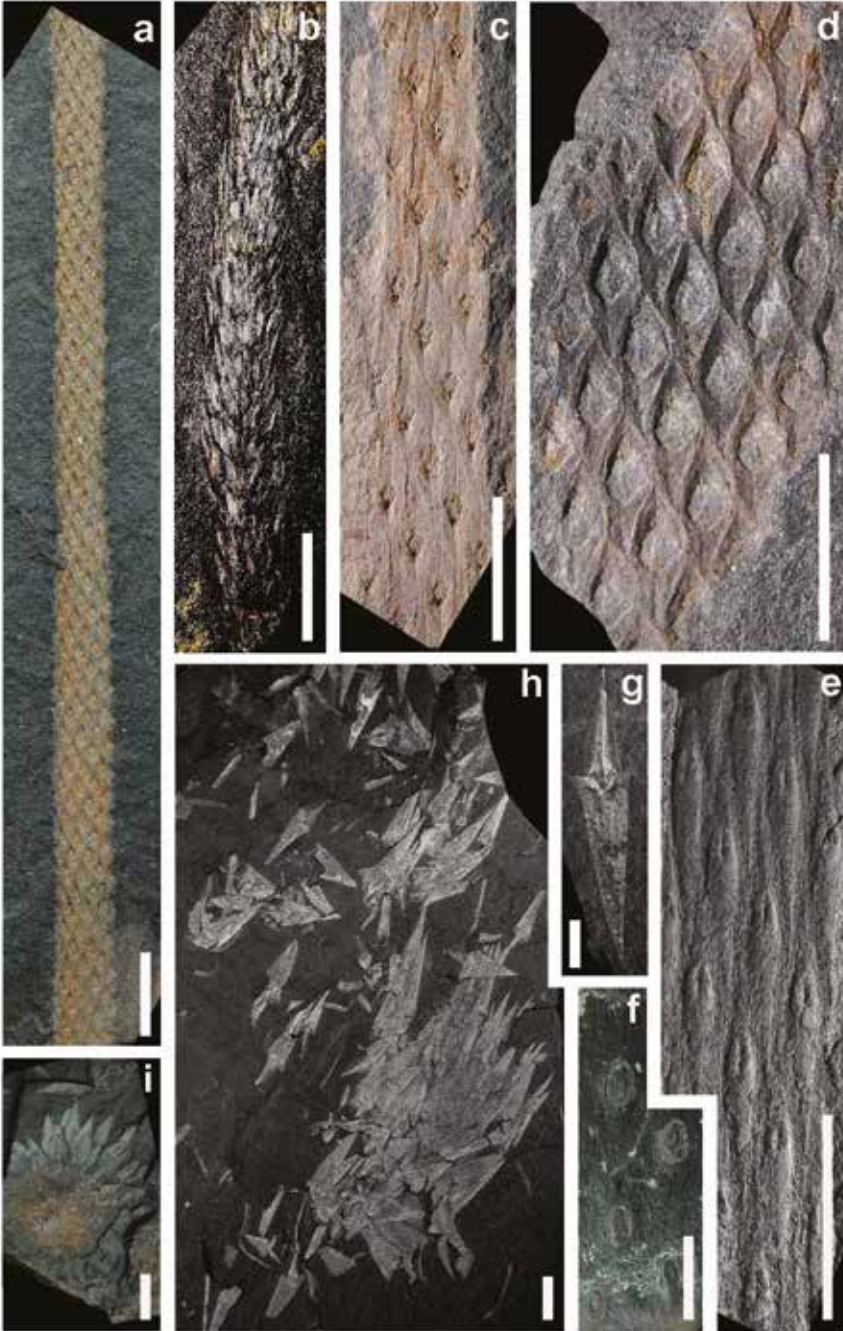


Planche 4. Lépidophytes de Vaulnaveys-le-Bas. a) probable tige de *Diaphorodendron* sp. ; b) axe feuillé de Lépidophyte ; c) fragment d'écorce de *Lepidodendron* sp. ; d) fragment d'écorce de *Diaphorodendron bretonense* ; e) fragment d'écorce de *Lepidophyte* sp. ; f) *Stigmaria* sp. ; g) *Lepidophyllum hastatum* ; h) strobis de Lépidophyte en partie désarticulé ; i) strobis de Lépidophyte. Echelles : 10 mm (a, b, c, e, f, g, h, i) ; 5 mm (d).



Planche 5. a) *Lesleya iberiensis* Correia, partie de limbe replié sur lui-même le long de la nervure médiane ; b) *Lesleya* sp. ; c) *Rhacopteris asplenites* (Gutbier) Schimper, détail de la nervation des pinnules ; d) *Dicranophyllum* sp. ; e) fragment d'aile de paléodyctioptère, famille probable : Breyeriidae ; f) écaille de poisson actinoptérygien. Echelles : 10 mm.

un de type mixte méso-xérophile et un témoignant d'un environnement plus sec. La cotation est donc de 3 sur 6.

Le pourcentage de quadrats contenant au moins trois genres identifiables différents est de 11 % en sachant que la plupart des quadrats conservés sont petits.

Le site a fourni des traces d'ovipositions endo- et exophytiques qui sont en cours d'analyse et constituent, après examen bibliographique et consultation du Dr O. Béthoux, paléo-entomologiste au Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris, une découverte d'intérêt international (travaux en cours). Une espèce remarquable est présente sur le site, *Equisetites spatulatus* Zeiller, dont de nouveaux spécimens découverts permettent d'affiner la morphologie avec cependant un doute sur sa validité (travaux en cours). Des spécimens rares du genre *Lesleya* ont été mis à jour. Parmi ceux-ci, citons *Lesleya iberiensis* Correia, une espèce de découverte récente (CORREIA, 2016). La cotation est donc de 5 sur 6.

Les collectes de ces deux dernières années ont révélé, outre la flore, la présence d'arthropodes identifiés comme étant des insectes mais aussi un possible crustacé et des restes de vertébrés non tétrapodes (Planche 5). La diversité générale est donc de 4 sur 6.

Les conditions de collecte ne sont pas drastiques. La cotation est de 6 sur 6.

Au total la cotation de l'ensemble paléontologique est de 28 sur 48. Le résultat des cotations est résumé sur le Graphique 4.

## DISCUSSION

L'objectif de cet article était triple :

1) présenter un site fossilifère carbonifère méconnu qui avait, dans le passé, livré au moins une espèce *Equisetites spatulatus* dont les deux seules localités où elle fut découverte sont en France,

2) en estimer, par des critères adaptés au site, le potentiel patrimonial,

3) servir de document préparatoire pour la mise en avant, par la commune de Vaulnaveys-le-Bas, de l'intérêt patrimonial du site.

La présentation du site doit être considérée comme un état des lieux en 2018. Les collectes se poursuivent et seront orientées en fonction des avis spécialisés, des recommandations qui seront données par nos correspondants experts, de l'apprentissage de l'équipe et de l'accroissement de sa compétence.

Plusieurs raisons expliquent la méconnaissance de ce site ; elles sont mises en évidence par la mesure des paramètres environnementaux que nous avons choisis : un accès limité et des conditions de prospection peu aisées (cotations 3 sur 6) et surtout un temps passé important pour un nombre de spécimens récoltés faible (cotation 2 sur 6). Des niveaux sont plus fossilifères que d'autres mais ils sont d'accès limité. Les gravats contiennent aussi, mais plus rarement, des spécimens d'intérêt paléontologique et représentent un volume important, ils doivent faire l'objet d'un examen fastidieux. La contrepartie positive de ces caractéristiques est ce que l'on a appelé un niveau de perte faible (5 sur 6) ; le pillage peut être qualifié d'inexistant et les collections anciennes furent déposées dans un musée.

Le détail de l'ensemble environnemental relève qu'un des points négatifs est la faible fréquence des découvertes (2 sur 6). Ce fait permet de discuter le rôle que peuvent

jouer des amateurs dans la valorisation scientifique d'un site fossilifère. L'intervention locale régulière des amateurs sur ce type de site permet de récolter des échantillons d'intérêt en plus grand nombre que ne pourraient le faire des professionnels dont le temps de travail sur le terrain est obligatoirement limité. Ceux-ci peuvent intervenir en deuxième ligne, en conseil et étude en laboratoire.

Sur le plan de la richesse paléontologique, certains critères révèlent un niveau de cotation élevé comme la diversité ; mais d'autres, moins élevés, comme le nombre d'espèces remarquables, permettent à l'avenir de servir aussi comme un marqueur de suivi de la richesse par leur incrémentation, ou non, au fur et à mesure des collectes.

Le site contient une espèce, *Equisetites spatulatus* Zeiller décrite à partir de deux syntypes dont l'origine est Vaulnaveys-le-Bas et localisés dans la collection de l'UCBL. De nouveaux spécimens découverts dans le gisement permettent une mise au point sur l'espèce qui pourrait cependant être remise en question mais cela n'ôterait pas à ce taxon son caractère particulier qui en ferait malgré tout un Equisétophyte unique (publication soumise). Des genres et morphogenres tels que *Lesleya* et *Taeniopteris* sont rares en France, et certains spécimens trouvés sur le site et bien conservés pourraient être nouveaux pour la science. L'intérêt principal du site serait lié à la présence d'un assemblage floral, comprenant des espèces des genres *Taeniopteris*, *Lesleya*, *Cordaites* et *Dicranophyllum*, témoin de l'existence d'un milieu méso-xérophile. Cette association, rare sur le plan international dans le domaine euraméricain (FALCON-LANG & DiMICHELE, 2010, BASHFORTH *et al.*, 2016) pourrait permettre d'apporter des éléments complémentaires pour une meilleure compréhension de la paléoclimatologie des bassins intra-montagneux du Carbonifère supérieur. Le site présente donc une richesse estimée à un niveau élevé (voir les planches 2 à 5).

Les critères utilisés ont des limites puisque l'analyse ne concerne que la macrofaune et pour l'instant aucune étude palynologique n'a été entreprise. La méthode utilisée, notamment les seuils qui définissent les critères de la cotation, est arbitraire. Sa destination n'est cependant pas une généralisation mais elle doit se comprendre comme une aide à la photographie du site à un instant t.

Les échantillons fossiles collectés se trouvent sur des fragments de roche de petite, voire très petite, surface (en moyenne inférieur à 100 cm<sup>2</sup>). Ces fossiles sont, eux aussi, de petite taille, souvent fragmentés, souvent altérés par les conditions taphonomiques.

L'outil proposé ici nous semble adapté au site de Vaulnaveys-le-Bas car il est suffisamment détaillé pour permettre de mesurer l'activité de terrain d'une équipe d'amateurs. Il est adapté à un site de petite dimension (moins de 3 ha) mais serait probablement insuffisant pour des sites plus étendus. Il présente surtout un intérêt comme outil de suivi au fur et à mesure de l'étude du site, sachant qu'elle sera longue.

Ce premier état des lieux devrait servir de fondation à l'établissement des fiches de saisie de données de l'Inventaire National du Patrimoine Géologique.

Un des objectifs que nous poursuivons est aussi l'accès à ce patrimoine. Des actions telles que conférences lors des Journées du patrimoine, expositions municipales, site internet ([www.paleovaul.fr](http://www.paleovaul.fr)), visites du site dans le cadre de l'Université inter-âges, brochures, forum de discussion sont déjà en place.

## CONCLUSION

Le gisement fossilifère du Carbonifère supérieur de Vaulnaveys-le-Bas est un témoignage de l'histoire de la terre participant à la connaissance de notre planète. Cet article, qui doit être considéré comme une évaluation préliminaire, montre que le site présente un potentiel patrimonial certain qu'il conviendra d'analyser de manière plus détaillée pour envisager de l'ajouter à l'inventaire des sites remarquables isérois.

Remerciements. – À M. J-C Gauthier, maire de Vaulnaveys-le-Bas, et à son assistante, Mme M-P. Davallet-Pin ; à E. Robert, Conservateur des Collections de Géologie - Directeur-adjoint du CERESSE, FED 4271 - Laboratoire de Géologie - UMR 5276 - Université UCB Lyon1 ; à C. Gauthier - Directrice et C. Durand - Chargée des collections de minéralogie, pétrographie et paléontologie, Muséum d'Histoire Naturelle de Grenoble ; à F. Giraud-Guillot - Responsable des collections - Université Grenoble-Alpes ; à O. Béthoux - Maître de Conférences - Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris et Sorbonne Université, CNRS, Centre de Recherche en Paléontologie - Paris.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ATEN, 2005. Les outils juridiques pour la protection des espaces naturels. Droits et police de la nature. *Cahier technique n°78*. Page : <http://ct78.espaces-naturels.fr>
- BARFÉTY J.C., BORDET P., CARMÉ F., DEBELMAS J., MELOUX M., MONTJUVENT G., MOUTERDE R. & SARROT-REYNAUD J., 1972. *Carte et Notice de la carte géologique de la France à 1/50000, feuille de Vizille, Belledonne-Sud et Taillefer*. Bureau de Recherches Géologiques et Minières Ed., Orléans, 35 p.
- BARFÉTY C., MONTJUVENT G., PÉCHER A., & CARMÉ F., 1989. *Carte et Notice de la carte géologique de la France à 1/50000, feuille de La Mure (821)*. Bureau de Recherches Géologiques et Minières Ed., Orléans, 98 p.
- BARFÉTY J.C., GIDON M., MENOT R-P., DEBON F., PECHER A., GUILLOT S., FOURNEAUX J-C. & GAMOND J-F., 2000. *Carte et Notice de la carte géologique de la France à 1/50000, feuille de Domène (773)*. Bureau de Recherches Géologiques et Minières Ed., Orléans, 187 p.
- BARRERRE C., BARTHELEMY D., NIEDDU M., VIVIEN F.D., 2005. *Réinventer le patrimoine. De la culture à l'économie, une nouvelle pensée du patrimoine ?* Ed. L'Harmattan, Paris, 338 p.
- BASHFORTH A.E., DiMICHELE W.A., CORTLAND I., EBLE F. & NELSON J.W., 2016. Dryland vegetation from the Middle Pennsylvanian of Indiana (Illinois Basin): the dryland biome in glacioeustatic, paleobiogeographic and paleoecologic context. *Journal of Paleontology*, 90(5): 785-814.
- BERTRAND P., 1926. Les gisements à *Mixoneura* de la région de St-Gervais-Chamonix. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 4(26) : 381-388.
- BÉTHOUX O., 1997. *Contribution à l'étude de la flore fossile du bassin houiller de la Mure (Isère)*. Laboratoire de Paléobotanique et Evolution des Végétaux de l'Institut des Sciences de l'Evolution (UMR 5554). Université de Montpellier, Mémoire, 27 p.
- BILLET P., 2002. Protection du patrimoine géologique, guide juridique. Coll. Cahiers techniques ATEN, 148 p.
- BORDET P. & BORDET C., 1963. *Belledonne-Grandes-Rousses et Aiguilles Rouges-Mont Blanc : quelques données nouvelles sur leurs rapports structuraux*. In : *Livre à la mémoire du Prof. P. Fallot*. Mémoire hors-série de la Société Géologique de France, tome 2, 311-316.
- BROUSMICHE-DELCAMBRE C., MERCIER D. & COQUEL R., 1995. Implications stratigraphiques de la révision de la flore carbonifère au sud de Briançon. *C.R.Académie des Sciences, Paris*, 20, série II a : 335-340.
- BROUSMICHE-DELCAMBRE C., COQUEL R. & MERCIER D., 1997. Sur l'âge des terrains carbonifères affleurant au col de Tramouillon (Massif du Gaulent, Sud Briançonnais). *Revue de Paléobiologie de Genève*, 16(1) : 169-179.
- BROUSMICHE-DELCAMBRE C., COQUEL R., MERCIER D. & SARTORI M., 1998. Révision du Carbonifère de Taninges (Préalpes du Chablais). Paléobotanique-Palynologie. *Revue de Paléobiologie de Genève*, 17(2) : 549-563.

- BROUSMICHE-DELCAMBRE C. & PROZ P.A., 1998. Les collections du département de géologie et de paléontologie du Muséum d'histoire naturelle de Genève. 63. La collection de plantes du Carbonifère des Alpes. *Revue de Paléobiologie de Genève*, 17(2) : 567-576.
- BROUSMICHE-DELCAMBRE C., COQUEL R. & DECROUEZ D., 1999. Sur la flore de deux gisements carbonifères de la zone delphino-helvétique : carrière d'Héry-sur-Ugine (vallée d'Arly) ; ardoisières des Posettes (Massif des Aiguilles Rouges) Haute-Savoie (France). *Revue de Paléobiologie de Genève*, 18(1) : 317-331.
- BROUSMICHE-DELCAMBRE C. & MENKVELD-GFELLER U., 2007. La macroflore carbonifère du tunnel de base du Lötschberg (Oberland bernois-Suisse). *Revue de Paléobiologie de Genève*, 26 : 645-663.
- CAYLA N., 2009. Le patrimoine géologique de l'arc alpin. De la médiation scientifique à la valorisation géotouristique. Th. Doctorat, Université de Savoie, 307 p.
- CAYLA N., HOBLEA F. & GASQUET D., 2010. Guide des bonnes pratiques de médiation des géosciences sur le terrain. *Géologie de la France*, 1 : 47-55.
- CORREIA P., SA A.A., MURPHY J.B., ŠIMÚNEK Z., FLORES D., 2016. *Lesleya* Lesquereux from the Pennsylvanian of the Iberian massif: part of a dryland megaflora from the variscan orogen, northwestern Portugal. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 53 (9) : 883-895.
- DE WEVER P., EGOROFF G., CORNÉE A. & LALANNE A., 2014. Géopatrimoine en France. *Mémoire Hors Série de la Société Géologique de France*, 14. 180 p.
- EGOROFF G., CORNÉE A., DE WEVER P., LALANNE A., AVOINE J., DURANTHON F., GRAVIOU P., CABROL P., PONCET L. & HOBLEA F., 2014a. Inventaire national du patrimoine géologique. Cadre et organisation. In : Géopatrimoine en France. *Mémoire Hors-Série de la Société Géologique de France*, 14 : 82-109.
- EGOROFF G., CORNÉE A., DE WEVER P., LALANNE A., AVOINE J., DURANTHON F., GRAVIOU P., CABROL P., 2014b. Inventaire national du patrimoine géologique. Instructions méthodologiques. Géopatrimoine en France. *Mémoire Hors-Série de la Société Géologique de France*, 14 : 110-161.
- FALCON-LANG H.J. & DIMICHELE W.A., 2010. What happened to the coal forests during pennsylvanian glacial phases? *PALAIOS*, 25: 611-617.
- FERNANDEZ A., GUILLOT S., MÉNOT R.P. & LEDRU P., 2002. Late Paleozoic polyphased tectonics in the SW Belledonne massif (external crystalline massifs, French Alps). *Geodinamica Acta*, 15: 127-139.
- FRÉVILLE K., TRAP P., FAURE M., MELLETON J., XIAN-HUA L., WEI L. & BLEIN O., 2018. Structural, metamorphic and geochronological insights on the Variscan evolution of the alpine basement in the Belledonne massif (France). *Tectonophysics*, 726: 14-42.
- GREBER C., 1965. *Flore et stratigraphie du Carbonifère des Alpes françaises*. Mémoire du Bureau de Recherches Géologiques et Minières, 21 : 1-380.
- GUILLOT S. & MÉNOT R-P., 1999. Nappe stacking and first evidence of late variscan extension in the Belledonne massif (External crystalline massifs, French Alps). *Geodinamica Acta*, 12(2): 97-111.
- GUILLOT S. & MÉNOT R-P., 2009. Paleozoic evolution of the external crystalline massifs of the Western Alps. *Compte-Rendus de Géoscience*, 341: 253-265.
- GUIOMAR M., 2009. Le patrimoine géologique en prise avec son territoire. Musées, patrimoine et culture scientifiques et techniques. [Ocim.revues.org/238](http://Ocim.revues.org/238) ; DOI : 10.4000/ocim.238. La Lettre de l'OCIM, 123 : 31-39.
- HAUDOUR J. & SARROT-REYNAULD DE CRESSENEUIL J., 1956. Sur l'âge et l'extension des terrains houillers dans la terminaison sud de Belledonne (dôme de La Mure et des régions annexes). Leurs rapports avec le socle cristallophyllien. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 6 : 335-353.
- KILIAN W. & RÉVIL J., 1908. *Études géologiques dans les Alpes occidentales. Contribution à la géologie des Alpes françaises. Mémoire pour servir à l'explication de la Carte géologique détaillée de la France*, 2 vol., 1-374 + pl. 1-11 ; 1-274 + pl. 12-19.
- LORY C., 1860-1864. *Description géologique du Dauphiné (Isère, Drôme, Hautes-Alpes), pour servir à l'explication de la carte géologique de cette province*. F. Savy (Paris) et A. Merle, Maisonville et fils, Jourdan (Grenoble).
- MARTIN S., 1960. Pécoptéridées du Bassin houiller de La Mure (Isère). *Travaux du Laboratoire de Géologie de la Faculté des Sciences de Grenoble, Mémoire 1* : 1-101.
- MORET L., 1945. Précision sur la nature et l'âge des "chapeaux" houillers formant quelques sommets du massif de Belledonne. *Comptes-rendus de la Société Géologique de France* : 58-60.
- RICHARDS B.C., 2013. *Current status of the international carboniferous time scale*. In : Lucas S.G. et al. eds. *The Carboniferous-Permian Transition*. New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin, 60: 348-353.

- SAINT MARTIN M., 2003. *Inventaire des sites géologiques remarquables en Rhône-Alpes*. Rapport final BRGMIRP-52782-FR, 216 p.
- SARROT-RAYNAULD DE CRESSENEUIL J., 1961. Etude géologique du dôme de La Mure (Isère) et des régions annexes. Le socle cristallin et la couverture paléozoïque. *Travaux du Laboratoire de Géologie de la Faculté des Sciences de Grenoble*, 2 : 1-207.
- SCHNEIDER, J.W., SCHOLZE F., VOIGT S., GÖTZ A.E., OPLUŠTIL S., RONCHI A., BORDY E.M., SILANTIEV V.V., ZHARINOVA V., MARCHETTI L., LUCAS S.G., SHEN S., BARRICK J., WERNEBURG R., RÖSSLER R., KERP H., GOLUBEV V., SABER H., LÓPEZ-GÓMEZ J., 2017. Report on the activities of the Late Carboniferous Permian Early Triassic nonmarine-marine correlation working group for 2016 and 2017. International Commission on Stratigraphy. International Union on Geological Sciences. *Permophiles*, 65 : 16-24.
- VALLOIS B. & BELLESERRE G., 2015. Carbonifère houiller des Alpes dauphinoises. Panorama des plantes récoltées dans les gisements de Sud-Belledonne. *Fossiles*, 21 : 33-47.
- VON RAUMER J.F., MÉNOT R.-P., ABRECHT J. & BIINO G., 1993. *The pre-alpine evolution of the external massifs*. In: *The pre-Mesozoic geology of the Alps (Chapter: The pre-alpine evolution of the external massifs)*. Springer Verlag Publ., Raumer J.F. von and Neubauer F. Ed.: 221-240.
- ZEILLER R., 1895. Notes sur la flore des gisements houillers de la Rhune et d'Ibantelly (Basses-Pyrénées). *Bulletin de la Société Géologique de France*, 23 : 482-489.

#### ANNEXE : Collections muséales

Les numéros d'attribution des échantillons significatifs déposés au Muséum d'Histoire Naturelle de Grenoble sont les suivants :

Planche 2 e) MHNGr.PA.38842 ; f) MHNGr.PA.38843-1 ; h) MHNGr.PA.38878 ; j) MHNGr.PA.38839.

Planche 3 a) MHNGr.PA.38846-1 ; b) MHNGr.PA.38845-1 ; d) MHNGr.PA.38841 ; f) MHNGr.PA.38840.

Planche 4 d) MHNGr.PA.38844-1 ; h) MHNGr.PA.38835.

Planche 5 a) MHNGr.PA.38877 ; b) MHNGr.PA.38876 ; d) MHNGr.PA.38838-1 ; e) MHNGr.PA.38836-1 ; f) MHNGr.PA.38879.

Les spécimens ont pour origine la collection D. Rastel.



# SOCIÉTÉ LINNÉENNE DE LYON

**Siège social : 33, rue Bossuet, F-69006 LYON**

**Tél. et fax : +33 (0)4 78 52 14 33**

<http://www.linneenne-lyon.org> — email : [secretariat@linneenne-lyon.org](mailto:secretariat@linneenne-lyon.org)

Groupe de Roanne : Maison des anciens combattants, 18, rue de Cadore, F-42300 ROANNE

Rédaction : Marie-Claire PIGNAL

Conception graphique de couverture : Nicolas VAN VOOREN



**Tome 88 Fascicule 5-6 Mai - Juin 2019**

## SOMMAIRE

- Pupier R. – À propos de *Poecilus crenulatus* (Dejean, 1828) et *P. aerarius* (Coquerel, 1859) en Afrique du Nord (Coleoptera, Harpalidae, Pterostichini) ..... 122-128
- Prudhomme J.C. – Une étude locale de la biodiversité : inventaire des coléoptères du domaine de la fondation Pierre Vérots à Saint-Jean-de-Thurigneux (Ain, France). 7. Cantharides, coccinelles, histérides et autres coléoptères prédateurs ..... 129-145

Couverture : Une vue de l'assemblée générale, le 23 mars 2019. Crédit : B. Berthet-Grelier

## CONTENTS

- Pupier R. – On *Poecilus crenulatus* (Dejean, 1828) and *P. aerarius* (Coquerel, 1859) in North Africa (Coleoptera, Harpalidae, Pterostichini) ..... 122-128
- Prudhomme J.C. – A local study of biodiversity: inventory of the beetles of the property of Pierre Vérots Foundation in Saint-Jean-de-Thurigneux (Ain, France). 7. Cantharidae, Coccinellidae, Histeridae and other zoophagous Coleoptera ..... 129-145

Prix 10 euros

ISSN 2554-5280 - N° d'inscription à la CPPAP : 0719G85671

Imprimé par Imprimerie Brailly, 69564 Saint-Genis-Laval Cedex

Imprimé en France • Dépôt légal : mai 2019

Copyright © 2019 SLL. Tous droits réservés pour tous pays sauf accord préalable.