



LES MONTAGNARDS SOUTERRAINS: LES CRÉATURES QUI VIVENT DANS LE SOL DES MONTAGNES

Michael Steinwandter¹, Julia Seeber^{1,2}

¹ AlpSoil Lab, Institut pour l'environnement alpin, Euric Research, Bozen/Bolzano, Italie

² Département d'Écologie, Université d'Innsbruck, Innsbruck, Autriche

JEUNES CORRECTEURS:



**MERCY
SCHOOL
INSTITUTE**

ÂGE: 15 ans

Nous savons que le sol sous nos pieds héberge un grand nombre d'organismes, cependant il est nécessaire de continuer à l'explorer. En fait, c'est une boîte noire dans laquelle nous ne pouvons pas regarder pour observer ses habitants et les processus auxquels ils contribuent. Dans cet article, nous allons vous parler des sols encore plus inexplorés. Il s'agit des sols de montagne de haute altitude : ils sont difficilement accessibles mais abritent de nombreuses espèces intéressantes, dont quelques-unes sont spécialisées pour vivre uniquement dans les sols de montagne. Nous sommes une équipe d'écologistes du sol et nous consacrons nos recherches à révéler les secrets des animaux qui vivent dans les sols de montagne. Nous allons vous dire quelles sont les noms - et le nombre - des créatures du sol que l'on peut trouver dans les sols de haute altitude des Alpes d'Europe, dans les écosystèmes naturels de montagne comme dans ceux utilisés pour l'agriculture. Ensuite, nous expliquerons de quelles ingénieuses manières ces espèces se sont adaptées au rude environnement alpin.

ÉTAGE ALPIN

Une zone climatique qui se trouve dans les plus hautes montagnes ou les régions arctiques. C'est la zone dans laquelle les arbres ne peuvent pas pousser à cause des températures trop basses.

INVERTÉBRÉS

Un grand groupe d'animaux qui ne possèdent pas de vertèbres (colonnes vertébrales). Les invertébrés du sol les plus communs incluent les insectes (scarabées, larves de mouche), les vers de terre, les millipèdes, les centipèdes, les cloportes et les araignées.

APPAREIL DE KEMSON

Un appareil utilisé dans les laboratoires étudiant le sol pour extraire les animaux des blocs de terre. Lorsqu'ils sont chauffés par en haut, les animaux cherchent à fuir les conditions sèches et chaudes et tombent dans un récipient de collecte.

PIÈGE À FOSSE

Une méthode simple pour attraper les insectes et les arthropodes vivant au sol. Ce sont des bocal en verre qui sont enfoncés dans le sol et que l'on laisse un ou plusieurs jours.

LES SOLS DE MONTAGNE: QU'EST-CE QUE C'EST?

Lorsque nous parlons des sols de montagne, nous faisons généralement référence aux sols de haute altitude et en particulier aux sols situés au-dessus de la limite des arbres, là où il n'y a que des arbres épars ou pas d'arbres du tout. Dans les Alpes d'Europe, cette zone se trouve au-dessus de 2 000 m d'altitude. Dans les Alpes d'Europe centrale, elle se situe au-dessus de 2 300 m d'altitude. On peut bien sûr trouver certains sols de montagne sur des montagnes moins hautes ou même sur des collines, mais nous allons nous intéresser au monde magnifique des animaux du sol qui vivent dans les prairies naturelles, les pâturages broutés et même les sols nus des plus hautes montagnes comme les Alpes d'Europe (entre 1 500 et 3 000 m d'altitude).

Certaines zones montagneuses situées au-dessus de la limite des arbres, dans ce qu'on appelle **l'étage alpin**, peuvent sembler vierges de toute trace humaine. Mais ce n'est pas vrai : depuis des siècles, voire des millénaires, les agriculteurs ont utilisé avec respect beaucoup de ces prairies durant les mois d'été, comme pâturages pour leurs petits troupeaux de vaches, de moutons et de chèvres (**Figure 1A**). Pourquoi les agriculteurs du passé montaient-ils si haut avec leurs vaches et leurs moutons, comme quelques bergers le font encore de nos jours ? Pourquoi ne pas simplement utiliser les prairies au fond de la vallée, qui sont plus faciles d'accès ? En fait, ils *utilisent* les prairies des vallées, mais les pâturages alpins contiennent de nombreuses herbes et graminées colorées et nutritives appréciées par les vaches et les moutons et qui sont très bonnes pour leur santé. De plus, lors des étés chauds, les animaux supportent mieux les températures en altitude.

QUELS ANIMAUX VIVENT DANS LES SOLS DE MONTAGNE ET COMBIEN SONT-ILS?

La montagne est belle, non seulement en surface, avec ses fleurs colorées et ses arbustes, mais également sous nos pieds. Pour étudier les créatures du sol, nous prélevons des blocs de terre de 25x25 cm et de 15 cm de hauteur (**Figure 1C**), puis nous en extrayons les **invertébrés** avec un **appareil de Kempson**. L'appareil de Kempson génère de la chaleur et de la lumière grâce à des ampoules, ce qui assèche les blocs de terre et force les animaux à s'en échapper. Les animaux sont ensuite collectés dans des seaux refroidis à l'eau et contenant un fluide de prélèvement. De plus, nous installons des **pièges à fosse** dans nos zones d'étude (**Figure 1B**). Les pièges à fosse sont des bocaux en verre dont l'embouchure est ouverte. Ils sont enfouis dans le sol, afin que les organismes comme les araignées et les scarabées y tombent et soient pris au piège. C'est une méthode très utile pour savoir ce qui rampe à la surface du sol. Grâce à ces techniques, nous avons trouvé dans les sols de montagne une communauté diversifiée de vers de terre, de millipèdes, de scarabées et de larves d'insectes.

La biodiversité du sol est particulièrement importante à l'étage subalpin, entre 1 500 et 2 000 m d'altitude. Cette zone frontière est composée de forêts et de

ÉTAGE SUBALPIN

Une zone climatique qui s'étend des forêts de montagne jusqu'à la limite naturelle des arbres. Elle comprend également une zone de transition entre ces forêts et les prairies alpines dans lesquelles seuls de petits arbustes et des arbres isolés peuvent pousser.

Figure 1

Dans les Alpes d'Europe, des siècles d'agriculture traditionnelle ont créé des sols de prairies riches en espèces. (A) L'étage alpin au-dessus de la limite des arbres est souvent brouté par des vaches et des moutons. Au-dessous, à l'étage subalpin, les forêts ont aussi été coupées pour créer des pâturages et des prairies de fauche. En haute altitude, les zones rocheuses sont plus fréquentes et elles sont prédominantes à l'étage alpin haut - la zone au-dessus de toute végétation (Gsies, sud du Tyrol, Italie). (B) Nous évaluons le nombre d'invertébrés du sol en installant des pièges à fosse (flèche jaune) (Dolomites, sud du Tyrol, Italie). (C) Les blocs de terre sont prélevés et amenés au laboratoire pour y être étudiés (Matsch, sud du Tyrol, Italie). (Photos: Michael Steinwandter)

pâturages artificiels. Dans cet espace, les animaux du sol que l'on trouve d'habitude dans les forêts de montagne (comme les cloportes et les centipèdes) coexistent avec les espèces des prairies naturelles (les vers de terre et les millipèdes). Dans les pâturages subalpins des Alpes d'Europe centrale, nous avons trouvé jusqu'à 115 vers de terre par mètre carré dans les couches supérieures du sol (à 15 cm de profondeur), ainsi que 60 millipèdes, 55 scarabées et 50 larves de mouche et de moucheron [1].

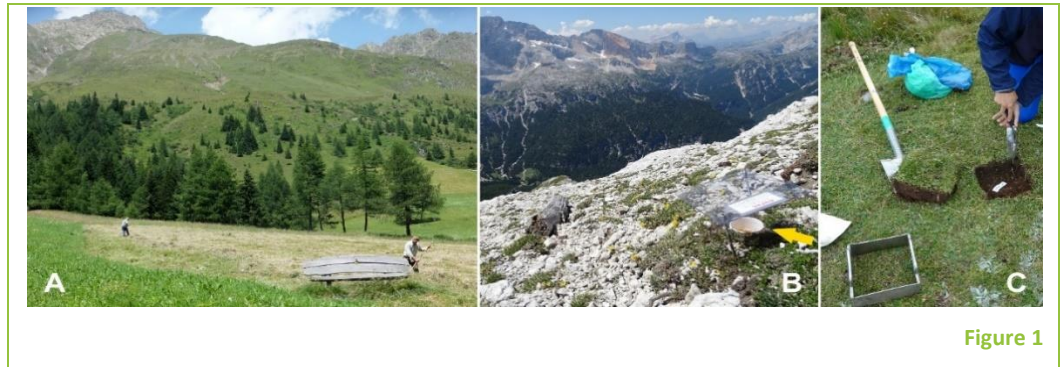


Figure 1

Tous ces invertébrés du sol profitent de la présence sporadique des animaux qui parcourent les champs, c'est-à-dire les vaches, les moutons mais aussi les animaux sauvages comme les cerfs, les chamois et les bouquetins des Alpes. En broutant, les animaux coupent la végétation, éliminent les arbustes gênants et contribuent ainsi à garder la plaine découverte. De plus, ils laissent derrière eux beaucoup de crottes, qui représentent une précieuse source de nourriture pour de nombreux animaux du sol tels que les vers de terre, les millipèdes et les bousiers (**Figure 2**) [2]. Cependant, si les agriculteurs conduisent trop de vaches et de moutons vers ces zones, nous pouvons observer les effets négatifs du piétinement et de l'excès de crottes qui entraînent la diminution du nombre de certains types d'animaux du sol. Par exemple, dans une zone surexploitée par les agriculteurs, nous n'avons trouvé qu'environ 5 spécimens de millipèdes et 45 scarabées par mètre carré.

Plus nous montons, moins nous trouvons d'individus et de types d'animaux du sol (**Figure 3**). À l'**étage alpin**, entre 2 000 et 3 000 mètres d'altitude, les arbres ne peuvent pas pousser car les températures sont trop basses et la période de croissance estivale est courte. Dans cette zone, certains types d'animaux du sol atteignent la limite de leur zone de confort. Le nombre de vers de terre et de millipèdes diminue : on ne les trouve que rarement à des altitudes supérieures à 2 500 mètres, même si les crottes des moutons en liberté apportent de la nourriture supplémentaire. Nous n'avons trouvé que 20 vers de terre et 10 millipèdes par mètre carré dans les étages alpins que nous avons étudiés. D'un autre côté, le nombre de larves de mouches et de moucheron a grandement augmenté (plus de 750 par mètre carré). Elles ont partiellement remplacé les importantes fonctions d'écosystème des vers de terre, telles que la décomposition des végétaux morts [3].

Dans les Alpes d'Europe, les zones au-dessus de 2 500 mètres d'altitude sont la plupart du temps couvertes de neige, ce qui rend la vie des animaux du sol très difficile. Ces zones, appelées **étage alpin haut** et **étage nival** (au-dessus de 3 000 mètres d'altitude) ne sont en général pas utilisées par les agriculteurs. Elles sont

ÉTAGE NIVAL

Dans les hautes montagnes et les régions arctiques, c'est une zone rocheuse souvent couverte de neige qui succède à l'étage alpin. Ici, presque aucune plante ne pousse, mais principalement des lichens et des mousses.

Figure 2

Les invertébrés des sols de montagne de nos sites de recherche dans les Alpes de Stubai et les Alpes de l'Ötztal dans le Tyrol en Autriche. (A) Le dessous d'une bouse de vache révèle les galeries que les vers de terre (*Lumbricus rubellus*) creusent pour se nourrir, ainsi que des bousiers et des larves d'insectes. (B) Le gloméris (*Glomeris transalpina*) est commun dans les zones arbustives alpines des Alpes d'Europe centrale. (C) Les larves de moucheron fongiques (Mycetophilidae) se nourrissent des crottes de moutons dans les prairies de l'étage alpin haut. (Photos : Michael Steinwandter)

ADAPTATION

La capacité à s'adapter à de nouvelles conditions environnementales en optimisant les caractéristiques corporelles et/ou comportementales. Par exemple, les invertébrés alpins se sont adaptés au rude environnement montagnard.

principalement habitées par de petits animaux du sol comme les collemboles et les acariens. Ces spécialistes du froid survivent sous le manteau neigeux qui agit comme une couverture et garde la température juste au-dessus de zéro, même lorsque la température de l'air descend au-dessous de zéro.



Figure 2

COMMENT CES ANIMAUX PEUVENT-ILS SURVIVRE?

L'**adaptation** est la clé pour survivre en haute altitude. L'adaptation est la capacité à s'adapter à de nouvelles conditions environnementales en optimisant les caractéristiques corporelles et/ou comportementales. Dans ces écosystèmes, les animaux du sol sont confrontés à des températures basses et affrontent souvent la neige, même pendant les mois d'été. Plus ils montent en altitude, plus les rayons du soleil sont forts et moins il y a d'espace vital. Ces animaux ne peuvent pas être difficiles à propos de ce qu'ils mangent - ils doivent s'alimenter de n'importe quelle source de nourriture disponible. Par exemple, dans les plaines, certains scarabées se nourrissent uniquement de plantes, mais dans les pâturages alpins ils mangent également d'autres animaux et leur mues ou leurs carcasses, ainsi que des crottes s'il y en a [4]. L'adaptation à ce menu plus diversifié augmente la probabilité que ces scarabées réussissent à rassembler suffisamment d'énergie pour survivre et se développer.

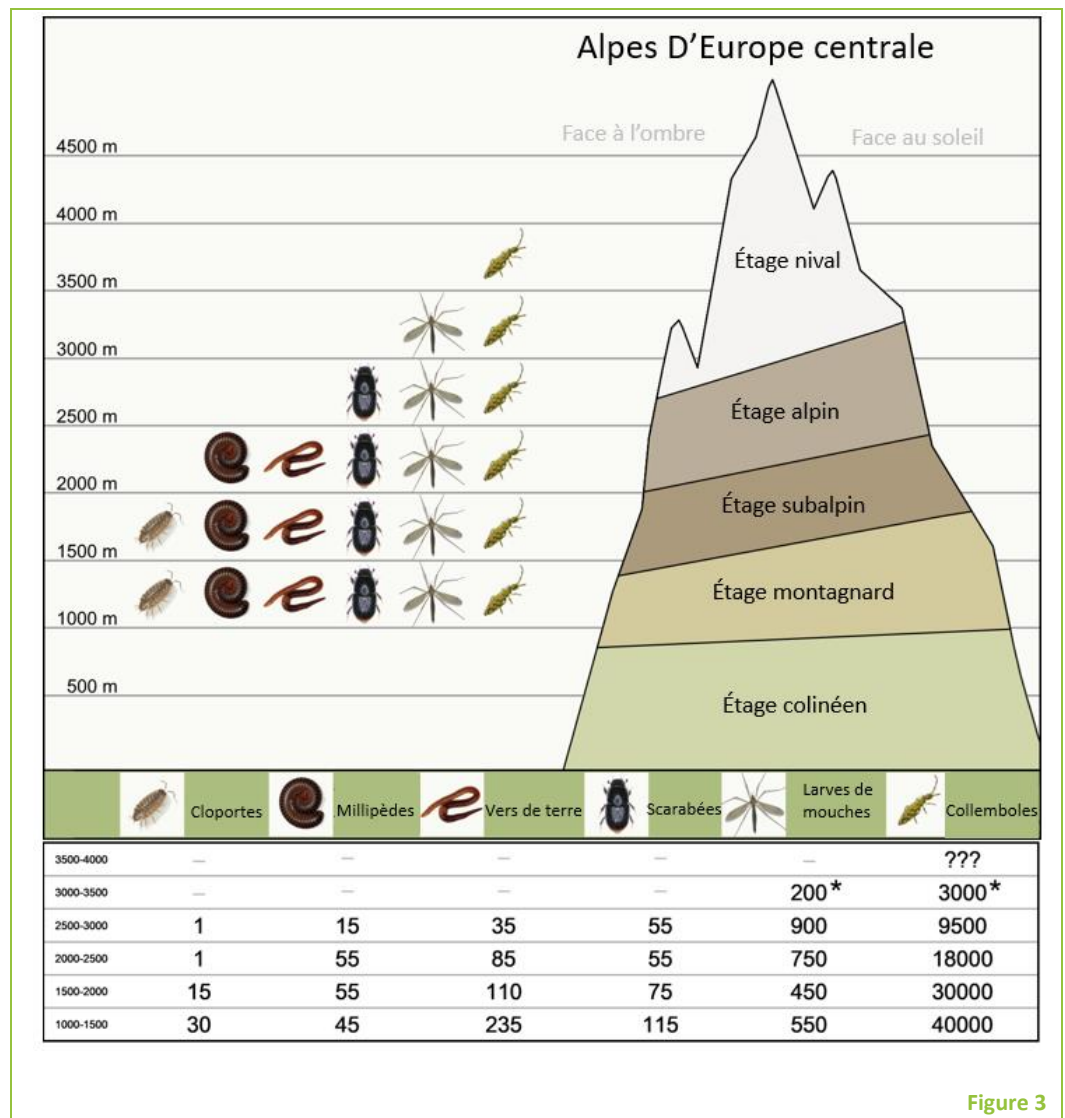
Les animaux du sol ont une autre stratégie de survie : si les étés sont trop courts, ils peuvent prolonger leurs étapes de vie pour atteindre la prochaine étape. Par exemple, lors d'un été froid et neigeux, lorsque qu'un millipède ne peut pas obtenir suffisamment d'énergie pour produire ses œufs, il peut attendre une autre saison et produire des œufs l'année suivante, lorsque les conditions sont plus favorables. C'est une adaptation utile, mais elle signifie également que ces millipèdes doivent survivre plus longtemps dans un environnement rude pour finir leur production d'œufs.

En haute altitude, les animaux du sol ont également adapté leurs corps aux conditions rigoureuses en réduisant leur taille (des corps plus petits se réchauffent plus facilement), en perdant leurs ailes (sans ailes les animaux

peuvent rester proches de la surface du sol et éviter les vents forts), en changeant la couleur de leurs corps (des corps plus sombres se réchauffent plus vite), et/ou en produisant de l'antigel pour empêcher leurs corps de geler lors des basses températures.

Figure 3

Répartition des invertébrés du sol typiques des différents étages des Alpes d'Europe centrale. Les étages commencent et finissent à des altitudes différentes sur la face ensoleillée et sur la face à l'ombre. Le tableau montre combien d'animaux par mètre carré sont susceptibles d'être trouvés à chaque étage d'altitude, sur la base des données disponibles aujourd'hui. En général, le nombre d'animaux du sol diminue lorsque l'altitude augmente, avec différents groupes d'animaux atteignant leur limite à des altitudes différentes (comme les millipèdes à 2 500 mètres et les scarabées à 3 000 mètres). Les astérisques (*) indiquent que très peu de données sont disponibles, et que leur qualité est inégale. (Image: modifiée à partir de Wikimedia Commons)



LES SOLS DE MONTAGNE ONT-ILS BESOIN D'AIDE?

Vous savez maintenant que les sols de montagne sont des endroits intéressants qui hébergent de nombreux invertébrés du sol, dont certains ne peuvent être trouvés que dans les sols de montagne. La possibilité de trouver de nouvelles espèces est très haute parce que ces sols et leurs habitants sont encore peu étudiés. Cependant, comme beaucoup d'écosystèmes aujourd'hui, les sols de montagne sont menacés et doivent être protégés. Les pâturages subalpins riches en espèces font face à un grand problème : les agriculteurs abandonnent ces régions, car les méthodes d'agriculture traditionnelles ne génèrent pas assez d'argent. Si les vaches et les moutons ne broutent plus les prairies alpines à la limite des arbres, les arbustes persistants envahiront ces espaces en formant des zones arbustives denses et impraticables. De plus, la hausse des températures causée par le changement climatique va entraîner une migration des animaux du sol vers les hauteurs, pour tenter d'échapper à des

températures trop chaudes pour eux. Comme l'espace se raréfie à mesure que l'altitude augmente, ces animaux auront des difficultés à trouver assez d'espace pour vivre et ils feront sans doute face à un plus haut risque d'extinction.

Mais la bonne nouvelle est que nous pouvons tous apporter notre aide ! Par exemple, en soutenant les agriculteurs de montagne et en achetant leurs produits (comme le lait et le fromage), nous pouvons contribuer à ce qu'ils puissent continuer à entretenir de belles prairies alpines. De plus, nous pouvons personnellement prendre soin des sols de montagne, en évitant de les abimer lorsque nous faisons de la randonnée, de l'alpinisme ou du ski. Nous devons rester sur les sentiers et ramener notre poubelle à la maison au lieu de la laisser dans les montagnes. Enfin, nous pouvons agir politiquement, en nous opposant à la construction de nouvelles installations de loisirs comme les stations de ski, les refuges de montagne et les pistes de VTT qui peuvent porter atteinte à ces zones naturelles sensibles.

Nous devons tous être extrêmement attentifs à cet écosystème précieux appelé le sol. Gardons à l'esprit que les sols de montagne ont mis des siècles - et dans le cas des hautes montagnes, des millénaires - à se former, mais, sans notre protection, ces écosystèmes et les fascinants animaux du sol qui y vivent peuvent être détruits en l'espace de quelques minutes !

RÉFÉRENCES

1. Steinwandter M, Schlick-Steiner BC, Seeber GUH, Steiner FM, Seeber J. Effects of Alpine land-use changes: Soil macrofauna community revisited. *Ecology and Evolution* (2017) 7:5389–5399. doi:10.1002/ece3.3043
2. Curry JP, Schmidt O. The feeding ecology of earthworms - A review. *Pedobiologia* (2007) 50:463–477. doi:10.1016/j.pedobi.2006.09.0011
3. Kitz F, Steinwandter M, Traugott M, Seeber J. Increased decomposer diversity accelerates and potentially stabilises litter decomposition. *Soil Biology and Biochemistry* (2015) 83:138–141. doi:10.1016/j.soilbio.2015.01.026
4. Steinwandter M, Rief A, Scheu S, Traugott M, Seeber J. Structural and functional characteristics of high alpine soil macro-invertebrate communities. *European Journal of Soil Biology* (2018) 86:72–80. doi:10.1016/j.ejsobi.2018.03.006

ÉDITÉ PAR: Malte Jochum, German Centre for Integrative Biodiversity Research (iDiv), Allemagne

CONSEILLER SCIENTIFIQUE: Fares Z. Najar

SOURCE: Steinwandter M and Seeber J (2022) Belowground Mountaineers: Critters Living in Mountain Soils. *Front. Young Minds* 10:660110. doi: 10.3389/frym.2022.660110

CONFLIT D'INTÉRÊTS: Les auteurs déclarent que la recherche a été menée en l'absence de toute relation commerciale ou financière qui pourrait être interprétée comme un conflit d'intérêts.

COPYRIGHT © 2022 Steinwandter and Seeber. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY). The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) and the copyright owner(s) are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

YOUNG REVIEWERS

MERCY SCHOOL INSTITUTE, AGE: 15

Nous sommes des leaders amusants et dynamiques et nous aimons passer du temps avec nos amis.



AUTEURS

MICHAEL STEINWANDTER

Je suis un écologiste du sol et un zoologiste du sol au AlpSoil Lab. Je travaille principalement avec des créatures comme les vers de terre, les araignées et préférentiellement les millipèdes. Je mène mes recherches dans les sols de toute altitude, y compris les plaines, mais j'aime vraiment découvrir la vie du sol dans les forêts de montagne et les pâturages au-dessus de la limite des arbres. Cela vient de ma passion pour la randonnée et l'alpinisme : c'est tout naturel pour quelqu'un qui est né dans les Dolomites (Tyrol du Sud, Italie du Nord). En dehors de la pratique de la science, je suis fasciné par la nature en général. Je suis donc aussi un guide de randonnée professionnel et un environnementaliste.
*michael.steinwandter@eurac.edu



JULIA SEEBER

Je suis une écologiste du sol dans le AlpSoil Lab. Je cherche à comprendre les relations entre les animaux du sol et leurs habitats, et à savoir à quel processus du sol les animaux contribuent. J'aime partir en excursion et étudier les habitats, mais j'aime aussi faire des expériences avec les animaux en laboratoire, pour les regarder faire des choses merveilleuses comme décomposer la matière végétale morte. Mes animaux du sol favoris sont les vers de terre, car sans eux l'écosystème du sol serait beaucoup moins efficace. Mon amour des sports de montagne, comme le ski et la randonnée, est facilement compatible avec mon amour de la science en montagne.



TRADUCTEUR

INGRID PATETTA

MICHAEL STEINWANDTER & JULIA SEEBER

(voir les auteurs)