



Étude des peuplements de microarthropodes (Insectes Collemboles et Acariens Oribates) dans trois humus forestiers acides de la Forêt d'Orléans (Loiret, France)

Jean-Marc Poursin, Jean-François Ponge

► To cite this version:

Jean-Marc Poursin, Jean-François Ponge. Étude des peuplements de microarthropodes (Insectes Collemboles et Acariens Oribates) dans trois humus forestiers acides de la Forêt d'Orléans (Loiret, France). *Pedobiologia*, 1984, 26 (6), pp.403-414. <hal-00507048>

HAL Id: hal-00507048

<https://hal.science/hal-00507048v1>

Submitted on 31 Dec 2010

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

Étude des peuplements de microarthropodes (Insectes Collemboles et Acariens Oribates) dans trois humus forestiers acides de la Forêt d'Orléans (Loiret, France)

JEAN-MARC POURVIN et JEAN-FRANÇOIS PONGE

1. Introduction

Le problème de l'influence de l'enrésinement sur l'évolution des sols forestiers, notamment dans les substrats sableux où l'enrésinement est fréquent, a souvent été l'objet de discussions parfois vives, car s'appuyant sur des résultats contradictoires. Si la majorité des auteurs s'accordent pour admettre une modification du type d'humus par évolution vers le mor ou le dysmoder dans le cas du pin ou de l'épicéa (BONNEVIE-SVENDSEN & GJEMS 1957, NOIRFALISE & VANESSE 1975, BONNEAU 1978), les résultats sont contradictoires en ce qui concerne l'influence des conifères sur les processus de podzolisation et la fertilité des sols (GENSSLER 1959, STONE & WILL 1965, KEEVES 1966). L'altération des minéraux, notamment les argiles, a cependant été démontrée expérimentalement (SOUCHIER 1971), de même que la formation d'humus acides (TOUTAIN & VEDY 1975).

Les sols hydromorphes semblent particulièrement sensibles, la marmorisation pouvant être accentuée dans l'horizon A₂ (SCHLENKER *et al.* 1969), mais d'autres auteurs ont observé un abaissement de la nappe phréatique (LEVY 1969).

On a préconisé des remèdes aux éventuels préjudices dus à l'enrésinement, par exemple l'apport de calcaire et de magnésie (BONNEAU 1978), en se basant sur des expériences réussies dans des hêtraies à humus de même type que sous résineux (TOUTAIN 1981). Une équipe de chercheurs anglais (BROWN 1983) a expérimenté depuis 27 ans l'introduction de feuillus (*Alnus glutinosa*) et de conifères à litière améliorante (*Abies alba*) dans une plantation de pin sylvestre.

L'existence, en Forêt Domaniale d'Orléans, de nombreux peuplements mélangés de chêne (*Quercus petraea* et *Q. robur*) et de pin sylvestre (*Pinus sylvestris*) jouxtant des peuplements purs de ces espèces, et la pauvreté des substrats (sables de Sologne) ont suggéré une étude portant sur cette région. C'est le Massif

d'Ingrannes qui a été choisi en raison de sa richesse en peuplements mélangés (MILLERET 1963).

Un certain nombre de travaux (ne seront cités ici que ceux portant sur les microarthropodes) ont établi de manière précise un lien entre la composition spécifique et le type d'humus: en particulier ceux de GISIN (1943) et de PONGE (1980) sur les Collembolés, ceux de WAUTHY & LEBRUN (1980) et WAUTHY (1981) sur les Acariens Oribates. Un travail réalisé par notre groupe dans la même forêt (PONGE & PRAT 1982) sur des peuplements forestiers adultes conforte ces résultats et met en évidence un lien entre l'enrésinement et la composition spécifique des peuplements de Collembolés.

Mais il était intéressant de savoir si un tel phénomène pouvait être décelé sur des peuplements plus jeunes et, d'autre part, si des litières mixtes (chêne + pin sylvestre) avaient le même effet sur la faune que les litières résineuses pures.

2. Description des stations étudiées

2.0. Peuplement de *Quercus petraea* (parcelle 697)

Il s'agit d'un haut-perchis de chêne (35 ans) provenant de la conversion d'un ancien peuplement de *Quercus petraea*. Les relevés floristiques effectués permettent de rattacher ce groupement au *Peucedano-Quercetum* décrit de Sologne par BRAUN-BLANQUET (1967). Fait remarquable, parmi les plantes acidophiles strictes qui sont abondantes (*Deschampsia flexuosa*, *Hypericum pulchrum*, *Peucedanum gallicum*) on trouve quelques espèces d'humus doux (*Hedera helix*, *Viola* sp., *Euphorbia dulcis*, *Festuca heterophylla*). Les 3 mesures de pH effectuées au niveau de l'horizon A₁₁ (à l'humidité équivalente de 200%) ont donné les valeurs 3,68/3,78/4,19 et révèlent une acidité assez forte ainsi qu'une grande variabilité. Le rapport C/N est de 17,9. L'humus est de type mull acide (au sens de BRUN 1978) et l'horizon A₁₂ montre quelques traces d'hydromorphie.

2.1. Peuplement de *Pinus sylvestris* (parcelle 740)

Il s'agit d'une futaie de 35 ans d'âge, très serrée, sur une parcelle précédemment occupée par un peuplement mélangé de chênes et de pins, que l'on trouve à l'état relictuel en bordure. Les strates muscinale, herbacée et arbustive indiquent d'une part une acidification prononcée (*Pseudoscleropodium purum*, *Pteridium aquilinum*, *Teucrium scorodonia*, *Lonicera periclymenum*), d'autre part une hydromorphie arrivant en surface (*Molinia coerulea*, *Betula pubescens*, *Salix aurita*, *Rhamnus frangula*). Les 3 mesures de pH ont donné les

valeurs 3,24/3,22/3,29, qui sont à la fois plus basses et plus constantes que dans la station précédente. Le rapport C/N est de 26,2. L'humus est ici un moder hydromorphe dont la couche H est partiellement intégrée à l'horizon A₁₁ sous-jacent par les balancements de la nappe phréatique. Cet affleurement de la nappe a pu être remarqué lors des prélèvements à la sonde en période hivernale. De fortes taches d'oxydo-réduction sont présentes au niveau de l'horizon A₁₂ (pseudo-gley).

2.2. Peuplement mixte de *Pinus sylvestris*, *Quercus petraea* et *Quercus robur*

Ce peuplement, de 35 ans d'âge, situé en bordure du précédent constitue en quelque sorte un témoin de son état antérieur. Ce type de peuplement mélangé est très commun dans le massif d'Ingrannes (MILLERET 1963). La strate herbacée est de type acidophile (*Teucrium scorodonia*, *Hypericum pulchrum*, *Pteridium aquilinum*, *Lonicera periclymenum*, *Deschampsia flexuosa*, *Peucedanum gallicum*). Plusieurs espèces moins acidophiles (*Rubus fruticosus*), ou d'humus doux (*Brachypodium sylvaticum*) sont bien représentées, et on trouve à l'état de traces des indicatrices de sols humides (*Rhamnus frangula*, *Molinia coerulea*). Les mesures de pH ont fourni les valeurs 3,64/3,67/3,91, ce qui est assez proche des valeurs de la station feuillue. Le rapport C/N est de 17,8, ce qui est également très proche de cette station. L'humus est de type mull-moder (au sens de BRUN 1978) et présente de grandes variations dans l'épaisseur de la couche F. Une faible couche H est présente de façon discontinue.

3. Méthodes

3.1. Prélèvements

Ils ont été réalisés (à l'aide d'une sonde de 5 cm de diamètre), de novembre 1979 à janvier 1981, chaque 2 mois (soit 8 séries de prélèvements) à raison de 3 carottes dans chaque station. Les 3 points de prélèvements ont été choisis de façon casualisée à l'intérieur d'un carré de 10 m de côté.

Dans chaque carotte, 4 niveaux ont été considérés: 0–1 cm, –1–3 cm, –3–6 cm, –6–10 cm. Dans la station résineuse, ces niveaux correspondent respectivement aux couches L₁, L₂ + F, A₁₁ (imprégné de H) et A₁₂. Dans les 2 autres stations il s'agit seulement de références de profondeur, mais le niveau 0–1 cm correspond toujours à la litière. Les microarthropodes ont été extraits dans des entonnoirs de type BERLESE.

3.2. Analyse statistique

L'analyse des correspondances de BENZECRI (LEBART *et al.* 1979), est utilisée dans de nombreux travaux de biocénologie portant sur les microarthropodes, de BONNET *et al.* (1970, 1972) à WAUTHY (1981). Rappelons qu'il s'agit de la recherche des axes principaux d'inertie d'un nuage de points multidimensionnel représentant les données. En termes statistiques, il s'agit d'une décomposition de la variance totale selon des facteurs linéairement indépendants entre eux. Chaque axe correspond donc à un facteur de variation de la composition spécifique. L'analyse des correspondances autorise une représentation simultanée des espèces et des relevés, ce qui enrichit l'interprétation. Un point-espèce ou un point-relevé est d'autant plus éloigné de l'origine des axes qu'il est plus «typé», en quelque sorte. On associera également chaque point-espèce aux points-relevés qui sont situés dans la même direction (à partir de l'origine des axes). Dans la présente étude, ce sont les données brutes de densité absolue (comptage des individus) qui ont été prises en compte, mais il faut rappeler que l'analyse des correspondances ne compare que les «profils» des relevés. Seul le total des 3 carottes réalisées dans chaque station a été pris en compte pour l'analyse. De plus, seules ont été conservées les espèces présentes dans au moins 3 relevés.

4. Résultats (figure 1)

4.0. Généralités

L'analyse factorielle fournit les coordonnées de chacun des points-relevés et des points-espèces par rapport aux axes factoriels. Ceux-ci sont numérotés par ordre décroissant des pourcentages d'inertie qu'ils représentent. Ce n'est que par un examen de la nature des relevés et des espèces les plus éloignés de l'origine que l'on peut interpréter la signification des axes. Comme c'est souvent le cas dans les analyses de milieux naturels hétérogènes tels que le sol, les pourcentages d'inertie des axes sont faibles, et seuls les deux premiers axes peuvent être interprétés. Un résumé des résultats présentés ici figure dans une note publiée précédemment (POURSIN & PONGE 1982). Le tableau 1 présente la somme des effectifs des différentes espèces par station et par niveau.

4.1. Etude de l'influence de la profondeur (axe 1)

L'examen de la répartition des points-relevés le long de l'axe 1 montre qu'il correspond à la distribution verticale, la surface étant en coordonnées négatives (sens opposé à celui de la flèche), la profondeur en coordonnées positives (figure 1). Les points-relevés correspondant au niveau le plus superficiel (0–1 cm) ne se situent pas de la même façon selon le type de station: la litière de la station résineuse présente un caractère «de

surface» nettement plus marqué que les niveaux correspondants des stations mixte et feuillue. On reliera ce résultat de l'analyse avec les propriétés du biotope, la litière du pin sylvestre formant en effet une accumulation rendue très lâche par la présence d'un épais tapis de mousse (*Pseudoscleropodium purum*). Elle subit donc des alternances de dessèchement et de remouillage, subit plus nettement les variations de température et d'hygrométrie de l'air ambiant, représente donc des conditions moins tamponnées, plus proches du milieu aérien.

En ce qui concerne les relevés de profondeur, un phénomène inverse s'observe: à l'exception de 2 relevés (3ème et 4ème niveaux de janvier 1980), l'ensemble des relevés du 4ème niveau de la station résineuse est beaucoup moins typé vers la profondeur que les relevés correspondants des stations feuillue et mixte. Ceci est à mettre en relation avec l'appauvrissement très net en matière organique de ce niveau dans la station résineuse, ainsi que l'hydromorphie y régnant. Seules quelques ubiquistes de profondeur y subsistent. C'est d'ailleurs l'une d'entre elles, le Collembole *Paratullbergia callipygos* [PCA], qui est à l'origine de la position excentrique des 2 relevés cités ci-dessus: elle y pullule et représente en effet la quasi-totalité du peuplement (il s'agit probablement d'une racine en décomposition).

Les espèces peuvent être classées en espèces de litière et espèces de profondeur (Tableau 2).

Ces résultats relatifs à la distribution verticale confirment les travaux réalisés par TRAVE (1963), LEBRUN (1971) et LIONS (1978) sur les Oribates, ceux de GISIN (1943) et PONGE (1980) sur les Collemboles. Une exception cependant: il s'agit de *Minunthozetes semirufus* [MISE], considérée par LIONS (1978) comme humicole, c'est-à-dire caractérisant la profondeur. Dans le présent travail, cette espèce est parmi celles qui caractérisent le mieux le premier niveau (litière).

4.2. Étude de l'influence de la litière (axe 2)

L'examen de la répartition des points-relevés le long de l'axe 2 montre que l'on a du côté des coordonnées positives une majorité de points de la station résineuse, du côté des coordonnées négatives les points des stations feuillue et mixte. Cependant la séparation entre les stations n'est pas nette pour tous les niveaux: on voit que les niveaux 3 et surtout 4 du résineux se distinguent mal des niveaux équivalents des stations feuillue et mixte. Par contre, la séparation est bien marquée en ce qui concerne les niveaux 1 et 2 (0–1 cm et –1–3 cm), c'est-à-dire les plus riches en matière organique. On remarquera que le second niveau (correspondant à la couche H) de la station résineuse est plus typé que le premier niveau (couche L).

Il a déjà été noté plus haut que les trois humus étudiés étaient tous très acides, même le mull de la

station feuillue (pH moyen = 3,9). Il faut donc s'attendre à trouver une faune acidophile dans les trois stations. L'analyse met cependant nettement en évidence des différences de composition spécifique notamment au niveau de la litière (Tableau 3).

En ce qui concerne les Oribates, il est difficile de comparer ces résultats avec ceux de travaux antérieurs car la liaison entre la composition faunistique et le type d'humus a été très peu étudiée, ou très incomplètement jusqu'à aujourd'hui. Le travail de WAUTHY (1981) met en évidence, à l'aide de la même méthode d'analyse multivariée, un axe opposant des stations à mull et des stations à moder, un point représentant un mull acide (le plus proche sans doute du mull de la station feuillue étudiée ici) venant se placer à proximité des points représentant les moders. Il aurait été intéressant de connaître la position des espèces d'Oribates le long de cet axe. Parmi les espèces principales, seules signalées par cet auteur, on trouve en particulier *Nothrus silvestris* et *Rhysotritia duplicata* caractérisant les moders et *Oppia subpectinata* les mulls non calciques. Pour ces espèces au moins, nos résultats rejoignent donc ceux obtenus par WAUTHY en Belgique.

En ce qui concerne les Collemboles, le travail de GISIN (1943), bien que n'utilisant pas de méthode automatique pour établir les groupements d'espèces et de relevés, est le résultat d'un remarquable esprit de synthèse et d'un échantillonnage...impressionnant (1000 relevés!). Outre l'étude des facteurs microclimatiques, GISIN a perçu la sensibilité de certaines espèces de Collemboles aux conditions d'acidité des humus forestiers: c'est ainsi qu'il considère *Willemia anophthalma* comme fortement acidophile (caractéristique des forêts d'épicéas). Le travail de l'un d'entre nous (PONGE 1980) a mis en évidence, à l'aide de l'analyse des correspondances, un axe lié au type de sol. Les espèces *Willemia anophthalma* [WAN], *Protaphorura subuliginata* [PSU] (appelée alors *P. subarmata*), *Mesaphorura yosii* [MYO], *Sminthurinus signatus* [SS1], citées dans le présent travail, y sont considérées comme acidophiles. Mais on remarquera que *P. subuliginata* et *S. signatus* caractérisent ici les stations feuillue et mixte. Il faut signaler cependant, en ce qui concerne les Collemboles, la présence dans la station feuillue (trop peu fréquente pour être prise en compte dans l'analyse) de quelques espèces typiques du mull (PONGE 1980): *Xenylla grisea*, *Mesaphorura sylvatica*, *Pseudosinella alba*, *Dicyrtomina minuta*.

Dans un travail portant sur 11 peuplements adultes en Forêt d'Orléans (PONGE & PRAT 1982), il est fait mention du couple *Willemia anophthalma* [WAN] et *Mesaphorura yosii* [MYO] comme caractéristique des dysmoders sous résineux. La comparaison avec le travail de PONGE (1980) qui prend en compte des types d'humus analogues mais principalement sous feuillus montre que ces deux espèces de Collemboles doivent être

considérées comme indicatrices des humus les plus acides (dysmoders, peut-être également mors), qu'ils soient sous feuillus ou sous résineux. L'absence de liaison entre la composition spécifique des peuplements microarthropodiens et les unités phytosociologiques examinées avait déjà été soulignée par WOOD (1967) dans un travail sur les landes anglaises. Ce phénomène se vérifie à nouveau en milieu forestier. Un travail précédent effectué par l'un d'entre nous (PONGE 1980) a montré, sur les Collemboles de la Forêt de Sénart, une relation entre le type de sol des différentes chênaies étudiées et la composition spécifique. Dans ce travail, les sols à humus possédant une couche H épaisse (mors, dysmoders) étaient caractérisés par un certain nombre d'espèces (notamment *Mesaphorura yosii*, *Willemia anophthalma*), que l'on retrouve dans la station résineuse ici étudiée. Ces espèces d'humus brut ne sont donc pas liées à un type de litière donné, puisqu'on les retrouve aussi bien sous chêne rouvre que sous pin sylvestre, mais à un certain processus de décomposition de la litière, à faible incorporation biologique de la matière organique, représenté par des humus de type mor ou moder, une forte acidification (pH mesuré au niveau de l'horizon A₁ nettement inférieur à 4) et un rapport C/N élevé (26,2).

Relativement au programme d'écologie appliquée dans lequel s'insère ce travail, le principal résultat de l'étude de l'axe 2 reste cependant la grande ressemblance entre la composition spécifique de la station feuillue et celle de la station mixte.

5. Conclusions

Les trois stations choisies sont suffisamment proches (tant au plan topographique que climatique ou géologique) pour que les différences observées soient attribuées pour leur plus grande part au peuplement forestier. Seule l'hydromorphie est un peu plus accentuée dans la station résineuse, mais elle ne semble affecter que les niveaux profonds.

Des différences portant, entre autres, sur le pH et la structure des premiers centimètres du sol (épaisseur de la litière et de la couche H) ont conduit à décrire des humus différents. L'analyse des correspondances permet d'établir une séparation parallèle à celle des humus, à partir des peuplements de Collemboles et d'Oribates.

Des travaux antérieurs portant également sur les liaisons entre les types d'humus et les microarthropodes aboutissent à des conclusions similaires, aussi bien pour les acariens Oribates (WAUTHY & LEBRUN 1980, WAUTHY 1981) que pour les insectes Collemboles (PONGE 1980).

Du point de vue forestier, cette étude, ainsi que d'autres réalisées sur les mêmes stations (SCHWARTZ 1981) conforte l'hypothèse que l'incorporation de litière de chêne à la litière de pin évite la formation d'une

couche H acidifiante, au moins dans les conditions de sol acide rencontrées en Forêt d'Orléans.

6. Résumé

Étude des peuplements de microarthropodes (Insectes Collemboles et Acariens Oribates) dans trois humus forestiers acides de la Forêt d'Orléans

La présente étude a pour objet de comparer le peuplement de microarthropodes du sol (Acariens Oribates et Insectes Collemboles) de trois peuplements forestiers de 35 ans situés en Forêt d'Orléans (Loiret, France). Il s'agit d'un haut-perchis de *Quercus petraea* (Chêne sessile) avec un humus de type mull acide, d'une futaie de *Pinus sylvestris* (Pin sylvestre) avec un moder hydromorphe et d'un peuplement mixte de *P. sylvestris* et *Q. petraea* avec mull-moder. L'échantillonnage a porté sur une période de 14 mois et les données ont été traitées par l'analyse des correspondances de BENZECRI.

Le principal résultat de cette étude est l'identité de faune entre le peuplement mixte et le peuplement de chênes pur, seul le peuplement de pins sylvestres pur présentant des espèces typiques des humus à décomposition lente de la litière, tels les Collemboles *Mesaphorura yosii* et *Willemia anophthalma*, dont la valeur indicatrice est confirmée. La distribution verticale des espèces a également été précisée, avec des listes d'espèces correspondant aux divers niveaux étudiés. L'utilité de l'analyse des correspondances se manifeste par la possibilité d'étudier les rapports existant entre la distribution verticale et les différences stationnelles. De ce point de vue, la station de pins sylvestres s'éloigne des deux autres, essentiellement par l'appauvrissement en Oribates des horizons minéraux et l'originalité de la composition spécifique de la couche H.

7. Bibliographie

- BONNEAU, M., 1978. Conséquences pédologiques des enrésinements en forêt. C. R. Acad. Agric. France, 14/VI/78, 931–942.
- BONNET, L., P. CASSAGNAU & D.C. IZARRA, 1970. Étude écologique des Collemboles muscicoles du Sidobre (Tarn). II. Modèle mathématique de la distribution des espèces sur un rocher. Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse **106**, 127–145.
- — — 1972. Étude écologique des Collemboles muscicoles du Sidobre (Tarn). III. Répartition des espèces en fonction des biotopes. Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse **108**, 263–279.

- BONNEVIE-SVENDSEN, C., & O. GJEM, 1957. Amount and chemical composition of the litter from larch, beech, Norway spruce and Scots pine stands and its effect on the soil. *Medd. Norske Skogsforsoksv.* **48**, 111–174.
- BRAUN-BLANQUET, J., 1967. La chênaie acidophile ibéro-atlantique (*Quercion occidentale*) en Sologne. *Anales de Edafologia y Agrobiologia*, 53–87.
- BROWN, A.H.F., & A.F. HARRISON, 1983. Effects of tree mixtures on earthworm populations and N and P status in Norway spruce (*Picea abies*) stands. In: LEBRUN, PH. (ed.), *New Trends in Soil Biology*, Louvain-la-Neuve, Belgique, 101–108.
- BRUN, J.J., 1978. Etude de quelques humus forestiers aérés acides de l'Est de la France. Thèse de Doctorat de 3ème cycle, Nancy I, 118 pp.
- GENSSLER, H., 1959. Veränderungen von Boden und Vegetation nach generationsweisem Fichtenanbau. Thèse de Doctorat, Hann. Münden.
- GISIN, H., 1943. Ökologie und Lebensgemeinschaften der Collembolen im Schweizerischen Exkursionsgebiet Basels. *Revue Suisse de Zoologie* **50**, 131–224.
- KEEVES, A., 1966. Some evidence of loss of productivity with successive rotations of *Pinus radiata* in the South-East of South Australia. *Australian Forestry* **30**, 51–63.
- LEBART, L., A. MORINEAU & J.P. FENELON, 1979. *Le traitement des données statistiques*. Dunod, Paris, 510 pp.
- LEBRUN, PH., 1971. Écologie et biocénétique de quelques peuplements d'Arthropodes édaphiques. *Inst. Roy. Sci. Belgique. Mémoire n° 165*, 203 pp.
- LEVY, G., 1969. Premiers résultats d'étude comparée de la nappe temporaire des pseudogleys sous résineux et sous feuillus. *Annales des Sciences Forestières* **26**, 65–79.
- LIONS, J.C., 1978. Éléments sur la distribution verticale des Oribates (Acariens) dans les biotopes édaphiques d'un écosystème forestier. *Rev. Écol. Biol. Sol* **15**, 345–362.
- MILLERET, C., 1963. La Forêt d'Orléans. *Annales de Géographie* **72**, 426–458.
- NOIRFALISE, A., & R. VANESSE, 1975. Conséquences de la monoculture des conifères pour la conservation des

- sols et le bilan hydrologique. Association des Espaces verts (A.S.B.L.), Bruxelles, 44 pp.
- PONGE, J.F., 1980. Les biocénoses des Collembolles de la Forêt de Sénart. In: PESSON, P. (ed.), *Actualités d'écologie forestière*. Gauthier-Villars, Paris, 151–176.
- & B. PRAT, 1982. Les Collembolles indicateurs du mode d'humidification dans les peuplements résineux, feuillus et mélangés: résultats obtenus en Forêt d'Orléans. *Rev. Écol. Biol. Sol* **19**, 237–250.
- POURSIN, J.M., & J.F. PONGE, 1982. Comparaison de trois types de peuplements forestiers (feuillu, mixte, résineux) à l'aide de la mésofaune du sol (Collembolles et Oribates). *C. R. Acad. Sci. Paris, Série III* **294**, 1021–1024.
- SCHLENKER, G., *et al.*, 1969. Untersuchungen über Auswirkungen des Fichtenreinanbaus auf Parabraunerden und Pseudogleye des Neckarlandes. *Mitt. Verein Forstl. Standortskunde* Nr **19**.
- SCHWARTZ, R., 1981. Influence de la monoculture des résineux sur la microflore des sols et la décomposition des litières. Thèse de Doctorat de 3ème cycle, Nancy I, 170 pp.
- SOUCHIER, B., 1971. Évolution des sols sur roches cristallines à l'étage montagnard (Vosges). Thèse de Doctorat d'Etat, Nancy I, 130 pp.
- STONE, E.L., & C.M. WILL, 1965. Nitrogen deficiency of second generation radiate pine in New Zealand. In: YOUNGBERG, C.T. (ed.), *Forest Soils Relationships in North America*. Oregon University Press, Corvallis, pp. 117–139.
- TOUTAIN, F., 1981. Les humus forestiers: structures et modes de fonctionnement. *Revue Forestière Française* **33**, 449–477.
- & J.C. VEDY, 1975. Influence de la végétation forestière sur l'humidification et la pédogenèse en milieu acide et en climat tempéré. *Rev. Écol. Biol. Sol* **12**, 375–382.
- TRAVE, J., 1963. Écologie et biologie des Oribates (Acariens) saxicoles et arboricoles. *Vie et Milieu*, supp. n° 14, 267 pp.
- WAUTHY, G., 1981. Synecology of forest soil Oribatid mites of Belgium (Acari, Oribatida). II. Zoosociological unifonny. *Acta Oecologica, Oecol. Gener.* **2**, 31–47.

- & P. LEBRUN, 1980. Synecology of forest soil oribatid mites of Belgium. I. The zoosociological classes. In: DINDAL, D.L. (ed.), Soil Biology as Related to Land Use Practices. E.P.A. (n° 560/12-80-038), Washington, 785-805.
- WOOD, T.G., 1967. Acari and Collembola of moorland soils from Yorkshire, England. III. The microarthropod communities. *Oikos* **18**, 277-292.

Adresse des auteurs : Dr. J.-M. POURVIN et Dr. J.-F. PONGE (l'auteur correspondant), E.R. 204 du C.N.R.S., Laboratoire d'Ecologie Générale, Muséum National d'Histoire Naturelle, 4, avenue du Petit Château, F-91800 Brunoy (France).

Annexe

Liste des espèces ayant participé à l'analyse, classées selon l'ordre alphabétique des codes

Oribates

- ACCO *Achipteria coleoptrata* (LINNAEUS, 1758)
 ADOV *Adoristes ovatus* (KOCH, 1839)
 BRCI *Brachychochthonius cricoides* var. 1
 BRCO *Brachychochthonius cricoides* WEIS-FOGH, 1948
 BRHO *Brachychochthonius honestus* MORITZ, 1976
 BRJA *Brachychochthonius jacoti* (EVANS, 1952)
 BRSU *Brachychochthonius suecicus* FORSSLUND, 1942
 BRZE *Brachychochthonius zelawaiensis* (SELLNICK, 1928)
 BYPR *Brachychthonius impressus* MORITZ, 1976.
 CAFE *Cambodes femoralis* (NICOLET, 1855)
 CASA *Chamobates* sp. A.
 CASP *Camisia spinifer* (KOCH, 1836)
 CASU *Chamobates schuetzii* (OUDEMANS, 1901)
 CEBI *Ceratoppia bipilis* (HERMAN, 1804)
 CEPE *Ceratozetes peritus* GRANDJEAN, 1953
 CER1 *Ceratozetes* sp. 1
 CULA *Cultroribula* sp.
 GERA *Gehypochthonius rhadamanthus* JACOT, 1936
 LIAN *Liacarus nitens* (GERVAIS, 1844)
 LIBE *Liochthonius brevis* (MICHAEL, 1888)
 LIEV *Liochthonius evansi* (FORSSLUND, 1958)
 LISI *Liochthonius simplex* (FORSSLUND, 1942)
 LITU *Liochthonius* cf. *tuxeni* (FORSSLUND, 1957)
 MACI *Malaconothrus gracilis* VAN DER HAMMEN, 1953
 MADR *Machuella draconis* HAMMER, 1961
 MBPA *Metabelba papilipes* (NICOLET, 1855)
 MISE *Minhuntozetes semirufus* (KOCH, 1841)
 MXPI *Mixochthonius pilosetosus* (FORSSLUND, 1942)

NANA	<i>Nanhermannia nanus</i> BERLESE, 1913
NOSI	<i>Nothrus silvestris</i> (KOCH, 1839)
ODEL	<i>Odontocephus elongatus</i> (MICHAEL, 1879)
OHBO	<i>Ophidiothricus borussicus</i> (SELLNICK, 1928)
OPCO	<i>Oppia confinis</i> (PAOLI, 1908)
OPFA	<i>Oppia fallax</i> (PAOLI, 1908)
OPMI	<i>Oppiella minus</i> (PAOLI, 1908)
OPNE	<i>Oppiella neerlandica</i> (OUDEMANS, 1900)
OPNO	<i>Oppiella nova</i> (OUDEMANS, 1902)
OPO1	<i>Oppiella</i> cf. <i>obsoleta</i> var. 1 (PAOLI, 1908)
OPO2	<i>Oppiella</i> cf. <i>obsoleta</i> var. 2 (PAOLI, 1908)
OPPK	<i>Oppiella</i> sp. K
OPPN	<i>Oppiella</i> sp. N
OPPO	<i>Oppiella</i> sp. O
OPQA	<i>Quadroppia quadricarinata</i> (MICHAEL, 1885)
OPSU	<i>Oppiella</i> cf. <i>subpectinata</i> (OUDEMANS, 1901)
OPT1	<i>Oppiella</i> cf. <i>tricarinatum</i> (PAOLI, 1908)
ORTI	<i>Oribatula tibialis</i> (NICOLET, 1855)
PAPU	<i>Parachipteria punctata</i> (NICOLET, 1855)
PLIG	<i>Paraliochthonius globuliferus</i> (STRENZKE, 1951)
PLIP	<i>Paraliochthonius piluliferus</i> (FORSSLUND, 1942)
PLPE	<i>Platynothrus peltifer</i> (KOCH, 1839)
PTAN	<i>Phthiracarus anonymum</i> GRANDJEAN, 1934
PTHA	<i>Phthiracarus</i> sp. A
PTHB	<i>Phthiracarus</i> sp. B
PTHD	<i>Phthiracarus</i> sp. D
PTNI	<i>Phthiracarus nitens</i> (NICOLET, 1855)
RYDU	<i>Rhysotritia duplicata</i> (MICHAEL, 1880)
STE1	<i>Steganacarus</i> sp. 1
STMA	<i>Steganacarus magnus</i> (NICOLET, 1855)
TEVE	<i>Tectocephus velatus</i> (MICHAEL, 1880)
XETE	<i>Xenillus tegeocranus</i> (HERMANN, 1804)

Collemboles

AGA	<i>Allacma gallica</i> (CARL, 1899)
CAR	<i>Ceratophysella armata</i> (NICOLET, 1841)
DFU	<i>Dicyrtoma fusca</i> (LUCAS, 1842)
FNA	<i>Folsomia nana</i> GISIN, 1957
FQU	<i>Folsomia quadrioculata</i> (TULLBERG, 1871)
FTR	<i>Friesea truncata</i> CASSAGNAU, 1958
IMI	<i>Isotomiella minor</i> (SCHAEFFER, 1896)
LCU	<i>Lepidocyrtus curvicolis</i> BOURLET, 1839
LLA	<i>Lepidocyrtus lanuginosus</i> (GMELIN, 1788)
MBE	<i>Mesaphorura betschi</i> RUSEK, 1979
MMA	<i>Mesaphorura macrochaeta</i> RUSEK, 1976
MMI	<i>Megalothorax minimus</i> WILLEM, 1900
MPY	<i>Micranurida pygmaea</i> BOERNER, 1901
MYO	<i>Mesaphorura yosii</i> (RUSEK, 1967)
NMU	<i>Neanura muscorum</i> (TEMPLETON, 1835)
PCA	<i>Paratullbergia callipygos</i> (BOERNER, 1902)
PFL	<i>Pogonognathellus flavescens</i> (TULLBERG, 1871)
PMI	<i>Proisotoma minima</i> (ABSOLON, 1901)
PNO	<i>Parisotoma notabilis</i> (SCHAEFFER, 1896)
PSU	<i>Protaphorura subuliginata</i> (GISIN, 1957)
PTE	<i>Pseudosinella terricola</i> GISIN, 1967
SPU	<i>Sphaeridia pumilis</i> (KRAUSBAUER, 1898)
SSI	<i>Sminthurinus signatus</i> (KRAUSBAUER, 1898)
VAR	<i>Vertagopus arboreus</i> (LINNE, 1785)
WAN	<i>Willemia anophthalma</i> BOERNER, 1901

WIN *Willemia intermedia* MILLS, 1934
XTU *Xenylla tullbergi* BOERNER, 1903

Synopsis: *Original scientific paper*

POURSIN, J.M., & J.F. PONGE, 1984. Etude des peuplements de microarthropodes (Insectes Collemboles et Acariens Oribates) dans trois humus forestiers acides de la Forêt d'Orléans (Loiret, France) [Study of microarthropod populations (Collembolan insects and Oribatid mites) in three acid forest humus localities in Forêt d' Orléans (Loiret, France)]. *Pedobiologia* **26**, 403–414.

The aim of this study is to compare soil microarthropod populations (Oribatid mites and Collembolan insects) from three types of forest soils in Forêt d'Orléans (Loiret, France). The planting forests are made up: (1) a high pole plantation of sessile oak (*Quercus petraea*) with an acid mull humus, (2) a full-grown plantation of Scots pine (*Pinus sylvestris*) with a hydromorphic moder humus, (3) a mixed plantation of these two species with a mull-moder humus. All of these forest sites are 35 years old. The most important result is the identity between soil animal populations in the mixed plantation and in the pure oak one. On the contrary the humus of the pure pine plantation contains typical species of Collembola such as *Mesaphorum yosii* and *Willemia anophthalma*. Both of these species may be considered as valuable pedobiological indicators. The vertical distribution of species has been also investigated and a list of microarthropodan species characterizes either organic or mineral edaphic layers. Multivariate analysis of correspondences offered an opportunity to set relationships between the vertical distribution and the specificity of forest sites. Indeed we note in the coniferous plantation a strong dwindling of Oribatid fauna in the organo-mineral layer (A₁) and the most original specific composition located in the H layer.

Key words: France, forest, soil, Collembola, Oribatid mites, indicator species, multivariate analysis.

Légendes des figures

Fig. 1. Analyse des correspondances. Projection dans le plan des axes 1 et 2.

Tableau 1. Effectifs des espèces ayant participé à l'analyse dans chacun des quatre niveaux des trois stations

Station	Feuillu				Mixte				Résineux				Total
Niveau	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Oribates (adultes)													
ACCO	16	4	2	—	60	9	2	2	—	—	—	—	95
ADOV	44	5	1	1	9	—	1	1	21	2	1	—	86
BRCI	1	3	1	2	—	1	3	3	—	—	—	—	14
BRCO	2	8	16	17	1	26	24	36	145	469	108	11	863
BRHO	1	4	2	—	—	11	4	—	3	2	—	—	27
BRJA	8	66	34	35	1	7	11	2	—	1	—	—	165
BRSU	15	34	4	—	2	2	—	—	—	—	—	—	58
BRZE	6	9	1	—	3	6	5	—	11	17	1	—	59
BYPR	12	22	3	—	8	6	—	2	—	—	—	—	53
CAFE	1	—	—	—	—	—	—	—	13	—	—	—	14
CASA	—	4	—	8	13	7	3	3	38	6	—	2	84
CASP	1	—	—	1	7	—	—	—	6	—	—	—	15
CASU	—	—	—	—	38	3	3	1	10	4	1	—	60
CEBI	5	3	—	—	45	3	5	—	52	7	4	1	125
CEPE	9	16	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	27
CER1	2	21	5	—	—	5	5	1	5	34	15	2	95
CULA	9	10	3	9	6	8	6	20	4	25	—	2	102
GERA	—	1	19	45	—	—	14	30	2	—	—	—	111
LIAN	4	2	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	8
LIBE	8	23	10	2	10	6	8	7	11	33	25	1	144
LIEV	2	2	1	—	22	4	—	—	32	7	—	—	70
LISI	9	19	6	—	—	7	—	—	—	2	1	—	44
LITU	28	10	1	2	118	11	—	—	130	19	—	—	319
MACI	18	79	29	1	8	4	4	—	—	—	—	—	143
MADR	6	25	5	1	13	63	20	—	—	—	—	—	133
MBPA	17	6	—	1	4	—	—	—	—	—	—	—	28
MISE	3	1	1	—	—	—	—	—	59	9	4	—	77
MXPI	—	5	17	5	—	1	—	—	—	—	—	—	28
NANA	1	7	2	—	13	17	9	—	92	74	15	1	231
NOSI	3	9	4	2	24	16	3	2	31	25	8	2	129
ODEL	—	—	—	—	1	1	—	—	8	1	—	—	11
OHBO	59	18	4	2	40	16	1	1	11	—	—	—	152
OPCO	4	4	4	—	1	—	—	—	—	—	—	—	13
OPFA	11	17	13	6	3	25	—	—	—	—	—	—	75
OPMI	2	33	30	35	1	3	9	18	—	7	12	4	154
OPNE	—	—	—	—	—	—	—	—	11	7	2	—	20
OPNO	206	635	162	39	104	185	78	15	387	615	227	26	2679
OPO1	21	44	13	6	23	84	128	50	—	5	2	—	376
OPO2	30	96	157	36	25	70	60	74	2	31	43	33	657
OPPK	—	—	—	1	—	—	—	1	111	4	2	—	119
OPPN	—	9	7	2	—	3	1	—	—	—	—	—	22
OPPO	1	2	—	—	9	1	—	—	—	1	—	—	14
OPQA	14	4	3	1	9	10	—	—	18	9	1	—	69
OPSU	136	155	21	10	332	154	13	2	381	102	14	1	1321
OPT1	67	14	8	10	187	13	3	2	150	12	3	1	470
ORTI	39	46	9	23	79	41	16	8	162	28	2	1	454
PAPU	2	1	1	—	2	—	—	—	13	1	—	—	20
PLIG	—	4	2	—	—	—	5	—	—	2	—	—	13
PLIP	5	31	5	1	—	6	1	—	9	15	2	—	75
PLPE	3	1	—	—	65	7	2	—	165	10	2	—	255
PTAN	4	2	—	—	5	1	—	—	20	5	2	—	39
PTHA	5	1	—	—	6	7	1	—	2	—	—	—	22
PTHB	2	—	1	—	2	1	—	—	34	2	—	—	42

PTHD	7	1	—	—	15	2	—	—	16	1	—	1	43
PTNI	5	2	—	—	24	5	—	—	22	4	—	—	62
RYDU	—	—	—	—	18	19	3	2	40	38	9	1	130
STE1	6	2	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	9
STMA	4	4	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	9
TEVE	14	17	9	1	4	—	—	1	35	9	5	—	95
XETE	9	1	1	—	3	2	—	—	—	—	—	—	16
Collemboles													
AGA	3	—	—	—	1	1	—	—	3	1	—	—	9
CAR	1	3	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8
DFU	1	—	—	—	2	—	—	—	5	—	—	—	8
FNA	9	1	1	9	—	—	—	—	250	54	—	—	324
FQU	11	2	—	2	110	11	7	—	31	2	—	—	176
FTR	—	—	1	—	—	1	—	—	—	21	3	—	26
IMI	100	312	91	25	177	349	165	51	56	121	78	49	1574
LCU	2	—	—	—	8	—	—	—	6	—	—	—	14
LLA	41	58	17	—	120	31	9	—	94	41	9	—	420
MBE	7	28	31	22	3	9	11	2	—	—	—	1	114
MMA	41	182	192	79	75	188	204	127	13	81	111	46	1339
MMI	12	16	5	—	19	8	4	2	45	65	10	4	190
MPY	4	56	73	18	13	20	11	5	22	61	11	6	300
MYO	—	—	—	—	—	—	—	1	4	24	1	1	31
NMU	3	3	—	1	9	—	—	—	8	2	—	—	26
PCA	—	11	10	7	6	16	13	13	1	37	58	15	187
PFL	5	—	—	—	9	—	—	—	4	1	—	—	19
PMI	—	—	—	—	9	3	—	1	14	3	7	1	38
PNO	71	52	7	22	110	36	1	1	191	47	4	2	544
PSU	5	7	2	—	6	24	25	7	—	—	—	—	76
PTE	12	9	3	5	16	23	5	2	36	60	3	—	174
SPU	3	—	—	—	7	4	1	—	6	2	—	—	23
SSI	76	35	15	1	26	5	—	2	19	5	1	—	184
VAR	1	1	1	5	2	4	18	4	3	11	6	3	59
WAN	—	—	—	—	43	6	—	—	109	115	60	—	336
WIN	1	2	2	1	—	12	3	2	—	—	—	1	24
XTU	9	4	—	1	47	1	—	—	25	—	—	—	87

Tableau 2. Liste des espèces pouvant être caractérisées comme espèces de litière et espèces de profondeur, d'après leur répartition le long de l'axe 1 de l'analyse

Espèces de litière	Espèces de profondeur
<i>Oppeiella</i> sp. K	<i>Gehypochthonius rhadamanthus</i>
<i>Minhuntzetes semirufus</i>	<i>Mixochthonius pilosetosus</i>
<i>Carabodes femoralis</i>	<i>Oppeiella minus</i>
<i>Phthiracarus</i> sp. B	<i>Paraliochthonius globuliferus</i>
<i>Platynothrus peltifer</i>	<i>Oppeiella</i> cf. <i>obsoleta</i> var. 2
<i>Liochthonius evansi</i>	<i>Oppeiella</i> sp. N
<i>Liochthonius</i> cf. <i>tuxeni</i>	<i>Brachyochthonius cricoides</i> var. 1
<i>Parachipteria punctata</i>	<i>Brachyochthonius jacoti</i>
<i>Oppeiella</i> cf. <i>tricarinatum</i>	<i>Oppeiella</i> cf. <i>obsoleta</i> var. 1
<i>Ceratoppia bipilis</i>	<i>Paratullbergia callipygos</i>
<i>Phthiracarus anonymum</i>	<i>Mesaphorura betschi</i>
<i>Folsomia nana</i>	<i>Mesaphorura macrochaeta</i>
<i>Dicyrtoma fusca</i>	<i>Willemia intermedia</i>
<i>Lepidocyrtus curvicolis</i>	
<i>Neanura muscorum</i>	
<i>Xenylla tullbergi</i>	
<i>Pogonognathellus flavescens</i>	
<i>Folsomia quadrioculata</i>	

Tableau 3. Espèces caractérisant le mieux les deux groupes de stations, d'après leur répartition le long de l'axe 2 de l'analyse

Station feuillue et station mixte	Station résineuse
Espèces de litière	Espèces de litière
<i>Camisia spinifer</i>	<i>Oppiella</i> sp. K
<i>Oppiella</i> cf. <i>tricarinatum</i>	<i>Minhuntozetes semirufus</i>
<i>Joellia</i> sp. 1	<i>Carabodes femoralis</i>
<i>Adoristes ovatus</i>	<i>Phthiracarus</i> sp. B
<i>Chamobates schuetzii</i>	<i>Folsomia nana</i>
<i>Achipteria coleoptrata</i>	
<i>Ophidiotrichus borussicus</i>	
<i>Phthiracarus</i> sp. A	
<i>Xenillus tegeocranus</i>	
<i>Metabelba papillipes</i>	
<i>Lepidocyrtus curvicolis</i>	
<i>Xenylla tullbergi</i>	
<i>Pogonognathellus flavescens</i>	
<i>Folsomia quadrioculata</i>	
<i>Sphaeridia pumilis</i>	
<i>Sminthurinus signatus</i>	
Espèces de profondeur	Espèces de profondeur
<i>Steganacarus magnus</i>	<i>Oppiella neerlandica</i>
<i>Steganacarus</i> sp. 1	<i>Nanhermania nanus</i>
<i>Brachychthonius impressus</i>	<i>Rhysotritia duplicata</i>
<i>Oppia confinis</i>	<i>Brachychochthonius cricoides</i>
<i>Machuellia draconis</i>	<i>Ceratozetes</i> sp. 1
<i>Oppiella</i> cf. <i>obsoleta</i> var. 1	<i>Willemia anophthalma</i>
<i>Brachychochthonius cricoides</i> var. 1	<i>Friesea truncata</i>
<i>Ceratophysella armata</i>	<i>Megalothorax minimus</i>
<i>Protaphorura subuliginata</i>	<i>Mesaphorura yosii</i>
<i>Willemia intermedia</i>	<i>Paratullbergia callipygos</i>

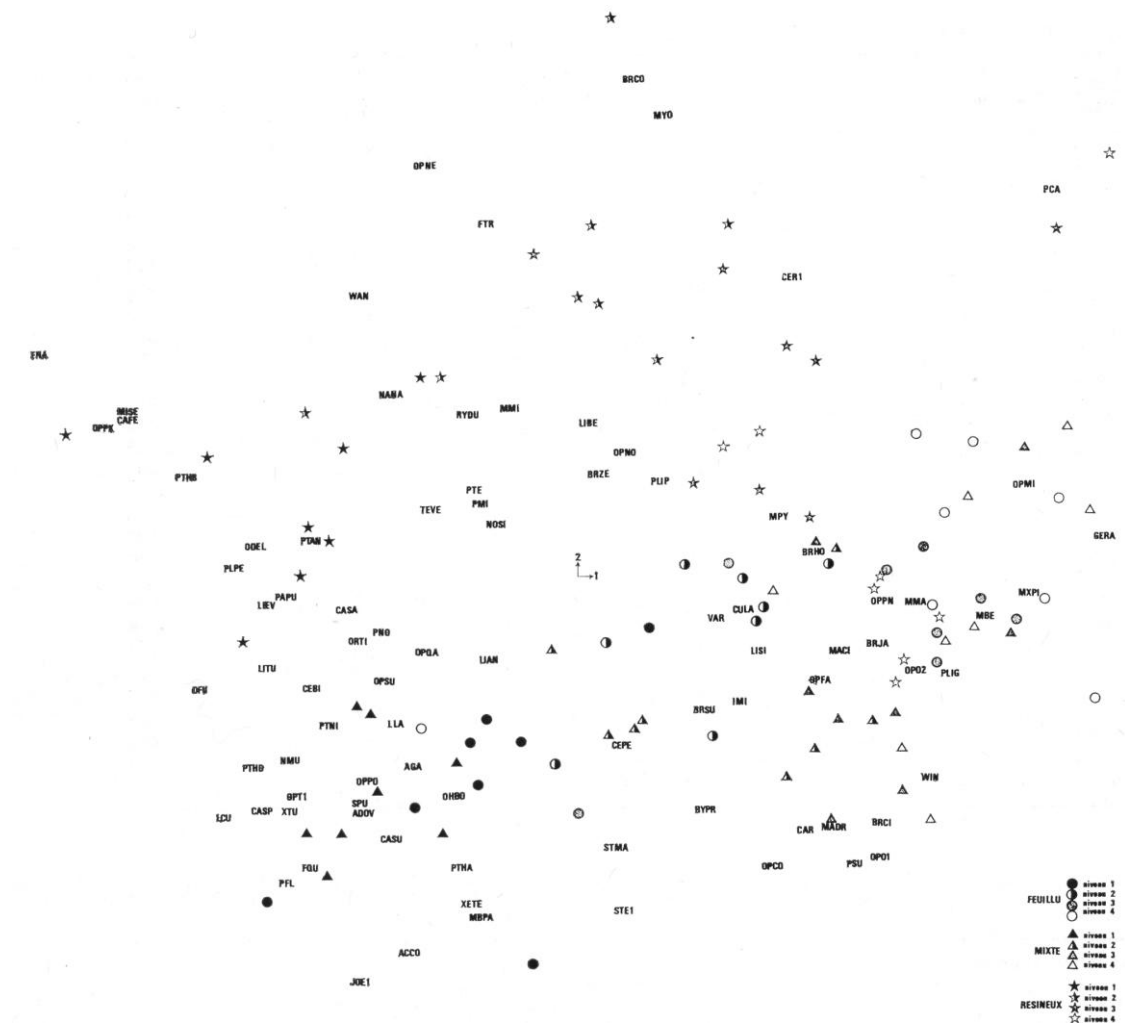


Fig. 1