



**HAL**  
open science

**RELATIONS TROPHIQUES FEUILLES DE CHENE VERT (Q. ilexL.) - COLLEMBOLLES Influence de la qualité du matériel foliaire sur la biologie & Onychiurus zschokkei Handschin et Folsomia candida Willem**  
**Trophic relations evergreen oak leaves (Quercus ilex L.) - Collembola The influence of leaf material quality on the biology of Onychiurus zschokkei Handschin and Folsomia candida Willem**

N Sadaka, N Poinso-Balaguer, J Talin

► **To cite this version:**

N Sadaka, N Poinso-Balaguer, J Talin. RELATIONS TROPHIQUES FEUILLES DE CHENE VERT (Q. ilexL.) - COLLEMBOLLES Influence de la qualité du matériel foliaire sur la biologie & Onychiurus zschokkei Handschin et Folsomia candida Willem Trophic relations evergreen oak leaves (Quercus ilex L.) - Collembola The influence of leaf material quality on the biology of Onychiurus zschokkei Handschin and Folsomia candida Willem. Vie et Milieu / Life & Environment, 1989, pp.33-39. hal-03033611

**HAL Id: hal-03033611**

**<https://hal.sorbonne-universite.fr/hal-03033611v1>**

Submitted on 1 Dec 2020

**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.

# RELATIONS TROPHIQUES FEUILLES DE CHENE VERT (*Q. ilex* L.) - COLLEMBOLLES

## Influence de la qualité du matériel foliaire sur la biologie d'*Onychiurus zschokkei* Handschin et *Folsomia candida* Willem

### *Trophic relations evergreen oak leaves (Quercus ilex L.) - Collembola The influence of leaf material quality on the biology of Onychiurus zschokkei Handschin and Folsomia candida Willem*

N. SADAKA\*, N. POINSOT-BALAGUER\*\* et J. TALIN\*\*

\*Université Cadi Ayyad, Faculté des Sciences, Département de Biologie, Marrakech, Maroc

\*\*Université de Provence, Centre St Jérôme,

Laboratoire de Biosystématique et Ecologie Méditerranéenne,

UA 1152, 13397 Marseille Cédex 13, France

COMPORTEMENT ALIMENTAIRE  
PARAMETRES BIOLOGIQUES  
COLLEMBOLLES  
FEUILLES DE CHENE VERT

**RESUME** – Le comportement alimentaire de deux espèces de Collembolles, *Onychiurus zschokkei* Handschin et *Folsomia candida* Willem, nourries de feuilles de Chêne vert (*Quercus ilex* L.) fonctionnelles et à quatre stades de décomposition a été étudié. Les paramètres biologiques pris en compte - la mue, appréciée par le nombre d'exuvies et la durée du cycle d'intermue, la fécondité et le taux de mortalité - mettent en évidence la qualité de la nourriture sur la biologie de ces Microarthropodes. C'est en présence des feuilles les plus dégradées, les plus riches en azote, que les deux premiers paramètres sont optimisés. Le rendement est cependant plus élevé chez le Collembolle *F. candida* nourri avec des feuilles de Charme qu'avec des feuilles de Chêne vert, de même qu'il est plus élevé que celui d'*O. zschokkei* nourri dans les mêmes conditions. Il s'explique par la présence importante de tanins dans les feuilles de Chêne vert, dont la teneur est particulièrement élevée dans les feuilles fonctionnelles et qui provoquent la mort des Collembolles. Le lessivage des feuilles de la litière est indispensable à la libération des substances inhibitrices de l'activité des organismes du sol.

FEEDING BEHAVIOUR  
BIOLOGICAL PARAMETERS  
COLLEMBOLA  
EVERGREEN OAK LEAVES

**ABSTRACT** – Feeding behaviour of two species of Collembola, *Onychiurus zschokkei* Handschin and *Folsomia candida* Willem, reared on living evergreen oak leaves and leaves at four stages of decomposition, has been studied. Biological parameters such as ecdyses-assessed by counting the number of exuviae and duration of instar cycles-fecundity and rate of mortality, have showed the role of the quality of nutriments on the biology of these Microarthropods. The two first parameters were optimized when leaves were very decayed and when the nitrogen content was very high. However, performance was higher for *F. candida* feeding on hornbeam leaves than feeding on evergreen oak leaves. It was also higher than that of *O. zschokkei* feeding under the same conditions. This results might be because the amount of tanins within evergreen oak leaves, amount particularly important in the living leaves and causing death of Collembola even for low concentrations. Leaching of evergreen oak leaves was indispensable to the liberation of inhibiting compounds of soil organisms activity.

## INTRODUCTION

La qualité des aliments présents dans la litière et dans le sol influence la capacité d'occupation de l'espace par les Microarthropodes. La compétition inter et intraspéci-

fique est à l'avantage des espèces les plus adaptables, c'est-à-dire qui ont les plus grandes tolérances physiologiques (Petersen and Luxton, 1982).

Seuls des modèles expérimentaux permettent d'apprécier le rôle de la nourriture sur la biologie d'une es-

pèce. Un ou plusieurs Microarthropodes sont mis en présence de cultures de micro-organismes connues ou de matériel végétal analysé. Le comportement alimentaire de quelques espèces de Collembolés (en particulier *F. candida* W., espèce parthénogénétique à taux de reproduction élevé) a été apprécié par des expériences qui consistent à les nourrir de micro-organismes tels que des Champignons, des Levures, des Algues (Snider, 1971; Usher et coll., 1971; Joosse and Testerink, 1977; Booth and Anderson, 1979; Zettel, 1982; Arpin et coll., 1986).

Les résultats développés dans le présent travail concernent l'impact de la qualité des feuilles de Chêne vert, fonctionnelles et à divers stades de décomposition, sur la biologie d'*Onychiurus zschokkei* H. et *Folsomia candida* W.

## MATERIEL D'ETUDE ET METHODES

Le comportement alimentaire de *Folsomia candida* W. dont la souche nous a été aimablement fournie par G. Vannier (Laboratoire d'Ecologie générale M.N.H.N. Brunoy) est étudié comparativement à celui d'*Onychiurus zschokkei* H. Cette espèce forme d'importantes populations dans les litières des forêts de Chênes verts de la région méditerranéenne (Sadaka et Poinsot-Balaguer, 1987).

Les feuilles de Chêne vert données comme nourriture aux Collembolés représentent 7 états différents :

- feuilles fonctionnelles de 1 an, 2 ans et + 2 ans
- feuilles de la litière à 4 stades de décomposition déterminés (Tabl. I).

Les cellules d'élevage sont constituées par des boîtes de Pétri stériles (5 cm de diamètre) dont le fond est recouvert d'un disque de filtre en fibre de verre Whatman. A l'intérieur sont introduites 4 rondelles de feuilles de Chêne vert de 0,6 cm de diamètre, séchées préalablement à l'étuve à 40°C, et des Collembolés (20 individus par boîte). Le milieu est maintenu humide par adjonction périodique régulière d'eau distillée.

Tabl. I. — Morphologie des feuilles de la litière.  
Survey of morphology of litter leaves.

STADES	
L1	I Feuilles jaunes, intactes, dures, épaisses et apparemment pas décomposées. La face inférieure est uniformément recouverte d'une couche de poils.
	II Feuilles jaunes, dures, épaisses, peu décomposées. Les poils de la face inférieure sont attaqués par les champignons.
L2	III Feuilles brunes, minces et souples, en voie de décomposition. Rares poils sur la face inférieure.
L3	IV Feuilles brunes, minces et très souples, cassantes mais reconnaissables. Absence de poils sur la face inférieure.

## RESULTATS

### 1. *Onychiurus zschokkei*

#### A. Mue

Les expériences réalisées ont pour but de voir l'influence de la qualité de la nourriture sur le nombre de mues (apprécié par le nombre d'exuvies) et sur le cycle d'intermue.

Comme tous les Aptérygotes, les Collembolés muent durant toute leur vie. La mue se manifeste par des transformations anatomiques et physiologiques et notamment par un arrêt de l'alimentation. Dans les élevages, il est facile de constater, d'une part, l'existence de périodes de jeûne succédant à des périodes d'alimentation, d'autre part, que les individus en train de muer ont le tube digestif vide.

#### a. nombre d'exuvies

Au terme de 26 semaines d'expérience (Tabl. IIA), les Collembolés élevés en présence de feuilles fraîches muent plus lentement et moins fréquemment que ceux en présence des feuilles de la litière. Au sein de ces dernières, c'est en présence de feuilles de l'état III que le nombre d'exuvies est le plus important.

Par ailleurs, si on examine la répartition hebdomadaire de ces exuvies (Fig. 1 et 2), le maximum est enregistré à la 18<sup>e</sup> semaine tandis qu'un autre pic, moins important, se situe entre la 11<sup>e</sup> et la 13<sup>e</sup> semaine, et ceci aussi bien en présence des feuilles fonctionnelles que des feuilles de la litière.

Il semble donc que la qualité de la nourriture ingérée a une influence sur le nombre d'exuvies mais n'a pas d'effet sur leur répartition dans le temps.

Remarque : le nombre important d'exuvies au début de l'expérience pourrait provenir d'un stress résultant de la mise en conditions expérimentales.

Tabl. II. — A, nombre total d'exuvies, nombre d'oeufs pondus et nombre de morts chez *O. zschokkei* en fonction de l'état des feuilles consommées au cours de 26 semaines d'élevage; B, durée de l'intermue de 2 individus A et B en fonction de l'âge et de la qualité du substrat trophique : Chêne vert et Charme (témoin).

A, total number of ecdyses, eggs laid and dead individuals of *O. zschokkei* in relation to the stage of ingested leaves during 26 weeks of rearing; B, duration of instars of two individuals A and B in relation to age and quality of trophic substrate : evergreen oak and hornbeam (as control).

A	Feuilles fonctionnelles			Feuilles de la litière			
	1 an	2 ans	+2ans	Etat I	Etat II	Etat III	Etat IV
Etat de la feuille de chêne							
Nombre d'exuvies	94	106	123	126	144	167	137
Nombre d'oeufs pondus	6	36	57	44	47	58	51
Nombre de morts	36	28	14	6	6	3	2

B	Etat de la feuille de chêne vert	Nombre moyen de jours		Durée moyenne de l'intermue en jours
		entre 2 mues consécutives individu A	entre 2 mues consécutives individu B	
	1 an	21	20,3	20,7
	2 ans	19,7	20,3	20
	+2 ans	19	19,7	19,3
	Etat I	19	19,3	19,1
	Etat II	17,7	19	18,3
	Etat III	18	18,3	18,1
	Etat IV	19	19,3	19,1
	Témoin (glucose+levure)	13,7	14	13,8

### b. Cycle d'intermue

Pour évaluer le cycle d'intermue d'*O. zschokkei*, nous avons suivi les dates des mues de 2 individus A et B, placés chacun dans une cellule d'élevage. L'opération a été conduite en 7 séries, correspondant aux 7 catégories de feuilles à tester. Parallèlement, nous avons considéré 2 autres individus A' et B' élevés sur un milieu nutritif à base de glucose (1 ‰) et d'extrait de levure (0,2 ‰) constituant le témoin (Tabl. IIB).

La durée du cycle d'intermue n'est pas influencée par la qualité des feuilles; elle est la même, que la nourriture soit constituée de feuilles fonctionnelles ou mortes. Par contre, la différence avec le témoin est significative, la durée d'intermue étant plus longue avec les feuilles qu'avait la levure.

### B. Fécondité

Chez *O. zschokkei*, les premières pontes n'ont lieu qu'à partir de la 17<sup>e</sup> semaine après le début de l'expérience et ceci quel que soit l'âge ou l'état de la feuille. Les pontes s'étalent sur 3 semaines.

La qualité du matériel foliaire ingéré a une influence sur le nombre d'oeufs pondus - les feuilles fonctionnelles

âgées d'un an ont une influence néfaste sur la fécondité - mais elle n'affecte pas la durée d'incubation des oeufs dont l'éclosion a lieu 22 à 24 j après leur ponte. Toutefois, tous les oeufs pondus ne sont pas arrivés au terme de leur développement, certains ayant été mangés par les individus en élevage (Tabl. IIA).

Le taux de mortalité est assez élevé parmi les juvéniles (50 à 60 %) en présence de n'importe quelle catégorie de feuilles. Ceux qui survivent ont un développement et une croissance normaux.

### C. Taux de mortalité

Quels que soient l'âge et la qualité de la feuille ingérée, on a observé des morts plus ou moins instantanées dès le début de l'expérience, tandis que d'autres ne surviennent que quelques semaines plus tard. Ainsi, parmi les individus destinés à se nourrir de feuilles fonctionnelles, certains sont morts 1 ou 2 jours après le début de l'expérience. Au moment de leur mort, ils enflent considérablement et leur tube digestif est coloré en vert, ce qui prouve qu'ils ont bien mangé les feuilles.

La grande mortalité survenue parmi les individus élevés sur les feuilles de 1, 2 et + 2 ans, surtout pendant les

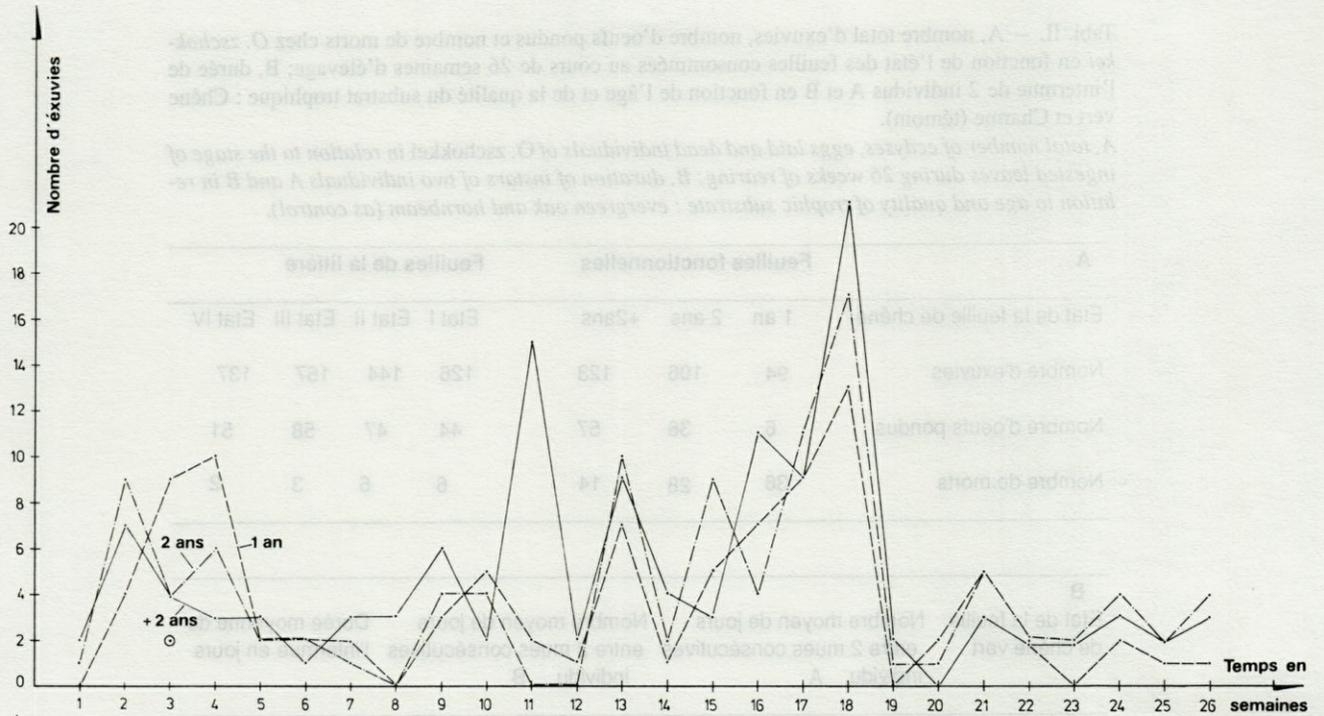


Fig. 1. — Répartition hebdomadaire du nombre d'exuvies du Collembol *Onychiurus zschokkei* élevé en présence de feuilles fonctionnelles de Chêne vert.

Weekly assessment of number of *Collembola ecdyses Onychiurus zschokkei* feeding on living evergreen oak leaves.

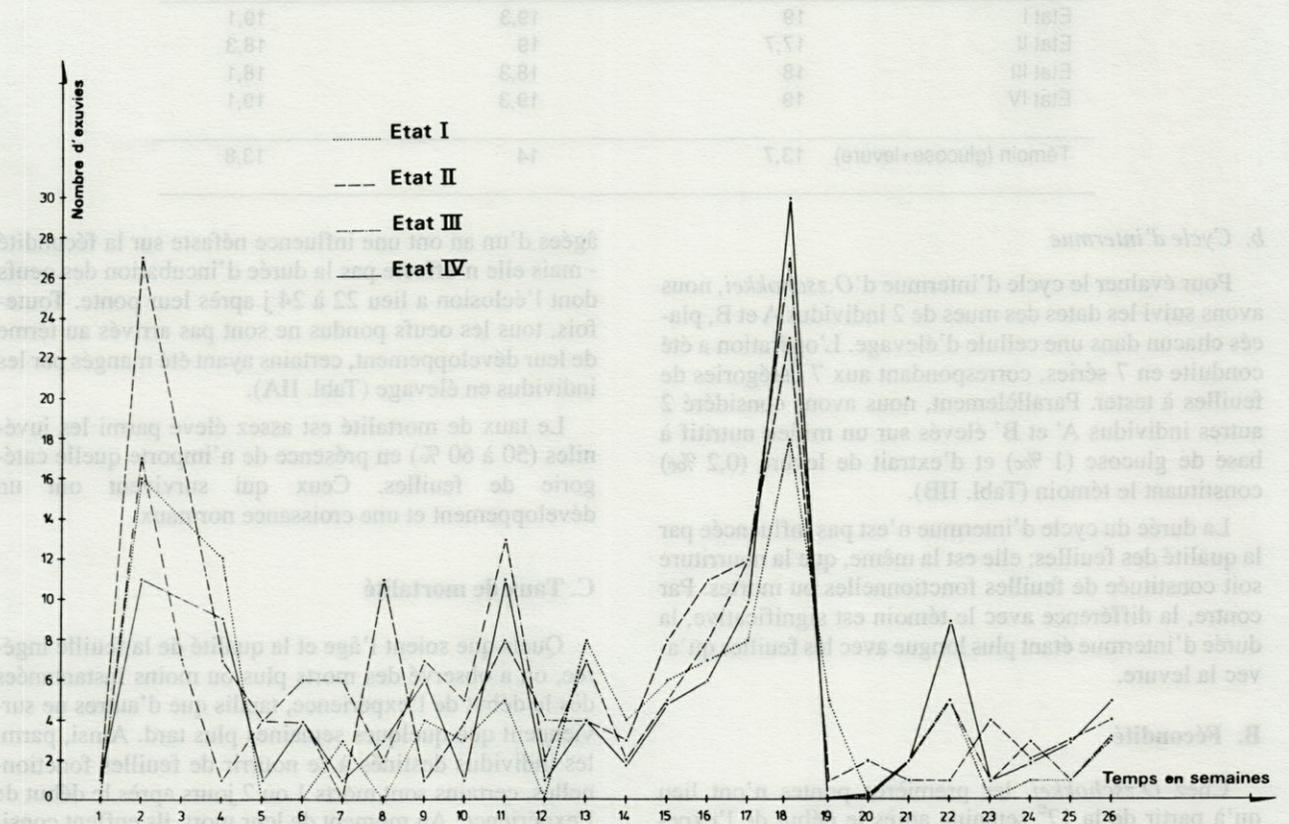


Fig. 2. — Répartition hebdomadaire du nombre d'exuvies du Collembol *Onychiurus zschokkei* élevé en présence de feuilles de la lièrre de Chêne vert à divers stades de décomposition.

Weekly assessment of number of *Collembola Onychiurus zschokkei* feeding on evergreen oak litter leaves at various stages of decomposition.

4 premières semaines de l'expérience, serait due à la toxicité des tanins contenus dans les feuilles. Après ces 4 semaines, la mortalité est devenue beaucoup plus faible, probablement à la suite de la détoxification des feuilles par lessivage (eau ajoutée régulièrement dans les cellules d'élevage) et par action de la microflore (Tabl. IIA).

Une étude histologique, menée parallèlement, a montré dans les feuilles vivantes une grande quantité de cellules taniques, tandis que dans les feuilles de la litière, les poches à tanins ont tendance à se vider progressivement au fur et à mesure de leur séjour au sol (Sadaka, 1986; Racon et coll., 1987).

L'hypothèse de l'empoisonnement par les tanins a été vérifiée par une expérience qui consiste à mettre les Collembolles en présence de solutions d'extraits de tanins condensés et hydrolysables à différentes concentrations (Sadaka, 1986).

## 2. *Folsomia candida*

Ce Collembole parthénogénétique est un matériel de choix car il a une très grande fécondité. Chaque femelle peut, en moyenne, pondre 40 oeufs à 24°C (Marshall and Kevan, 1962).

Les élevages ont été réalisés sur des feuilles fonctionnelles et de la litière de Chêne vert, mais aussi sur de la litière de Charme (*Carpinus betulus*). Le Charme a été utilisé pour 2 raisons : d'une part, la souche de *F. candida* a été élevée originellement sur cette essence et d'autre part, il constitue un témoin pour notre expérience.

Le tableau III résume les résultats pour les 3 paramètres étudiés, à savoir la mue, la fécondité et le taux de mortalité. Il montre que :

— Le nombre d'exuvies relevé est très faible par rapport à celui d'*O. zschokkei*. Cela est dû au fait que *F. can-*

*did*a ingère assez souvent son exuvie (60 % des cas selon Thibaud, 1977).

— Le nombre d'oeufs pondus par *F. candida* élevé en présence de feuilles de Chêne vert est beaucoup plus faible que celui des individus élevés sur des feuilles de litière de Charme. Le nombre d'oeufs pondus en présence de feuilles fraîches de Chêne vert est plus bas que celui en présence de feuilles de litière. Tous les oeufs pondus sont arrivés au terme de leur développement au bout de 10 à 12 j, mais tous les juvéniles sont morts 2 à 3 j après leur sortie de l'oeuf, et ceci pour tous les substrats, feuilles fraîches et litière, Chêne vert et Charme.

— Comme pour *O. zschokkei*, on enregistre une grande mortalité parmi les individus se nourrissant de feuilles fonctionnelles de Chêne, tandis que pour les individus élevés en présence de feuilles de litière de Charme, la mortalité est presque nulle.

## DISCUSSION

Les expériences concernant le comportement alimentaire de quelques espèces de Collembolles, principalement *F. candida*, ont montré l'importance de la qualité de la nourriture dans la croissance et la régulation des populations édaphiques (Joose and Testerink, 1977; Usher et coll., 1971). Elles ont permis une hiérarchisation des valeurs nutritives du matériel ingéré, valeurs appréciées au niveau des constituants essentiels. Une augmentation de la quantité d'azote disponible (sous forme d'asparagine) dans des cultures de Champignons donnés comme nourriture peut stimuler indirectement la croissance (augmentation du rythme des mues) et la fécondité de *F. candida* (Booth and Anderson, 1979). La présentation de 3 types de régime, le 1<sup>er</sup> fait de levure, le 2<sup>e</sup> riche en protéines et le 3<sup>e</sup> pauvre en protéines montre que les régimes

Tabl. III. — Bilan de la mue, de la fécondité et de la mortalité de *F. candida* nourri de feuilles de Chêne vert et de Charme (témoin) après 26 semaines d'élevage.

*Balance of moulting, fecundity and mortality of F. candida feeding on evergreen oak leaves and hornbeam leaves as control after 26 weeks of rearing.*

Etat de la feuille de chêne vert	Nombre d'exuvies	Nombre d'oeufs	Nombre de morts
1 an	7	68	24
2 ans	10	62	17
+2 ans	16	138	12
Etat I	16	120	4
Etat II	13	118	2
Etat III	14	168	2
Etat IV	13	158	2
témoin: charme	12	384	1

alimentaires ont des effets différents sur la croissance, la durée des stades, la mortalité, la fécondation et la taille d'*Onychiurus justus* D. (Snider, 1971). Le nombre d'oeufs et la fréquence des mues sont trois à quatre fois plus importants chez les *Isotoma viridis* nourris de Tétramine que ceux nourris avec l'Algue *Pleurococcus* (Zettel, 1982).

En ce qui concerne la consommation de litière, une hiérarchisation prenant en compte l'importance des substances phénoliques a été établie. C'est ainsi que Touchot (1981) a montré que les femelles de *F. candida* élevées sur des feuilles de litière de Charme produisent une descendance plus nombreuse que celles élevées sur litière de Chêne pédonculé *Quercus robur* L. Le développement post-embryonnaire correspondant à l'élevage sur du Charme s'effectue de façon optimale alors que celui des individus élevés sur du Chêne est bloqué au niveau des premiers stades immatures, probablement en raison des substances phénoliques toxiques contenues dans ces feuilles.

Kühnelt (1963) a montré que les Invertébrés du sol étaient plus nombreux dans la litière de Hêtre pauvre en tanins (cas des feuilles brunes contenant 0,03 g de tanins/20 g de feuilles sèches) que dans la litière riche en tanins (cas des feuilles jaunes avec 0,11 g de tanins/20 g de feuilles sèches).

Arpin et coll. (1986) ont établi une hiérarchisation des litières feuillues. Le groupe le plus performant est constitué par le Tremble, le Frêne et l'Orme, le moins performant étant constitué par le Bouleau. De même, les aiguilles de Pin sont plus consommées que les feuilles de Chêne pédonculé.

Les expériences menées avec le Chêne vert montrent l'importance de l'état du végétal. Il est indispensable de donner des précisions autres que «litière fraîchement tombée» ou «feuilles sur l'arbre» (Mangenot et Toutain, 1980). En effet, les conditions environnementales et le lessivage modifient considérablement l'état du végétal et en particulier, agissent sur les substances phénoliques en exerçant un rôle de détoxifiant.

Une feuille juvénile est différente d'une feuille prête à tomber (dans le cas du Chêne vert, il y a 2 ans d'écart), une feuille tombée sur le sol depuis 8 j n'est pas la même que celle tombée depuis 8 mois, surtout en ce qui concerne son contenu en tanins. En effet, les tanins constituent une fraction dont l'importance est fondamentale car ils jouent le rôle d'antibiotiques et leurs produits d'oxydation ont des effets inhibiteurs sur certains systèmes enzymatiques (Mangenot et Toutain, 1980). Ils diminuent la «palatabilité» du végétal et même à des concentrations faibles, ils peuvent être franchement toxiques pour les Microarthropodes (Sadaka, 1986). Les végétaux verts en contiennent plus ou moins, ce qui explique le comportement alimentaire des Microarthropodes du sol vis-à-vis d'eux. Des Collembolles absorbent sans dommage le parenchyme des aiguilles vertes de Pin (Poinsot-Balaguer, 1982; Arpin et al., 1986) alors que l'ingestion de feuilles de Chêne vert fonctionnelles leur

est toxique. Elles contiennent en effet 0,49 g de tanins pour 20 g de matière sèche (Racon et al., 1987). La détoxification est nécessaire pour permettre l'action des micro-organismes et une meilleure utilisation par les Microarthropodes.

Les résultats obtenus dans ce travail mettent encore en évidence la différence existant entre les espèces végétales dites «améliorantes» dont les litières sont favorables à l'activité biologique (elles sont riches en azote et en hydrosolubles facilement biodégradables : peptides, polysaccharides) et une espèce, telle que le Chêne vert, dont la litière a une composition moins favorable à la biodégradation.

## BIBLIOGRAPHIE

- FARPIN P., DAVID J.F., GUITTONEAU G.G., KILBERTUS G., PONGE J.F. et VANNIER G., 1986. Influence du peuplement forestier sur la faune et la microflore du sol et des humus. II. Microbiologie et expériences au laboratoire. *Rev. Ecol. Biol. Sol*, 23 (2) : 119-153.
- BOOTH R.G. and ANDERSON J.M., 1979. The influence of fungal food quality on the growth and fecundity of *Folsomia candida* (Collembola Isotomidae). *Oecologia*, 38 : 317-323.
- JOOSSE E.N.G. and TESTERINK G.J., 1977. The role of food in the population dynamics of *Orchesella cincta* L. (Collembola). *Oecologia*, 29 : 189-204.
- KUNHELT W., 1963. Über den Einfluss den Mycels von *Clitocybe infundibuliformis* auf die Streufauna. In «Soils organism», Doeksen J., Van der Drift J. Ed., North Holland, Amsterdam : 281-288.
- MANGENOT F. et TOUTAIN F., 1980. Les litières. In «Actualités d'écologies forestières», Pesson E. Ed. Gauthier-Villars, Paris : 1-67.
- MARSHALL V.G. and KEVAN D.K., 1962. Preliminary observations on the biology of *Folsomia candida* Willem 1902 (Collembola, Isotomidae). *Canad. Entomol.*, 94 (6) : 575-586.
- PETERSEN H. and LUXTON M., 1982. A comparative analysis of soil fauna populations and their role in decomposition process. In : «Quantitative ecology of microfungi and animals in soil and litter», Ed. Petersen H. *Oikos*, 39 (3) : 287-388.
- POINSOT-BALAGUER N., 1982. Contribution à l'étude des relations trophiques Microarthropodes-matière organique : relations Collembolles-litière de pin. *Ecol. Med.*, 8 (3) : 1-10.
- RACON L., SADAKA N., GIL G., LE PETIT J., MATHERON R., POINSOT-BALAGUER N., SIGOILLOT J.C. and WOLTZ P., 1988. Changes in tannic compounds in evergreen oak leaves. Histological and chemical analysis. *Canad. J. Bot.*, 66 : 663-667.
- SADAKA N., 1986. Contribution à l'étude des relations trophiques Collembolles-feuilles de Chêne vert-micro-organismes. Thèse 3<sup>e</sup> cycle, Ecologie. Univ. Provence, 134 p.
- SADAKA N. et POINSOT-BALAGUER N., 1986. Dynamique des populations d'*Onychiurus zschokkei* Handschin dans la litière de Chêne vert de la Gardiole de Rians. *Ecol. Med.*, 12 : 9-13.
- SNIDER R.J., 1971. Dietary influence on the growth and fecundity of *Onychiurus justus* Denis (Onychiuridae : Collembola). In : Organismes du sol et production primaire. Proceedings

- of the 4th Colloquium Pedobiologiae, Dijon (France), September 14-19, 1970. Ed. INRA Paris : 225-234.
- THIBAUD J.M., 1977. Intermue et température léthales chez les Insectes Collemboles Arthropléones Isotomidae, Entomobryidae et Tomoceridae. *Rev. Ecol. Biol. Sol.*, 14 (2) : 267-278.
- TOUCHOT F., 1981. Relations fonctionnelles «microflore-microfaune» dans un micro-écosystème simplifié : feuilles de Chêne ou de Charme, micro-organismes, Collemboles. Essai de modélisation. D.E.A. Univ. Nancy I, 98 p.
- USHER M.B., LONGSTAFF B.C. and SOUTHALL D.R., 1971. Studies on populations of *Folsomia candida* (Insect : Collembola). The productivity of populations in relation to food and exploitation. *Oecologia*, (7) : 68-79.
- ZETTEL J., 1982. Dietary influence on the biology and metabolism of *Isotoma viridis*. *J. Insect Physiol.*, (28) : 453-458.

*Reçu le 14 mai 1987; received May 14, 1987*  
*Accepté le 19 août 1987; accepted August 19, 1987*