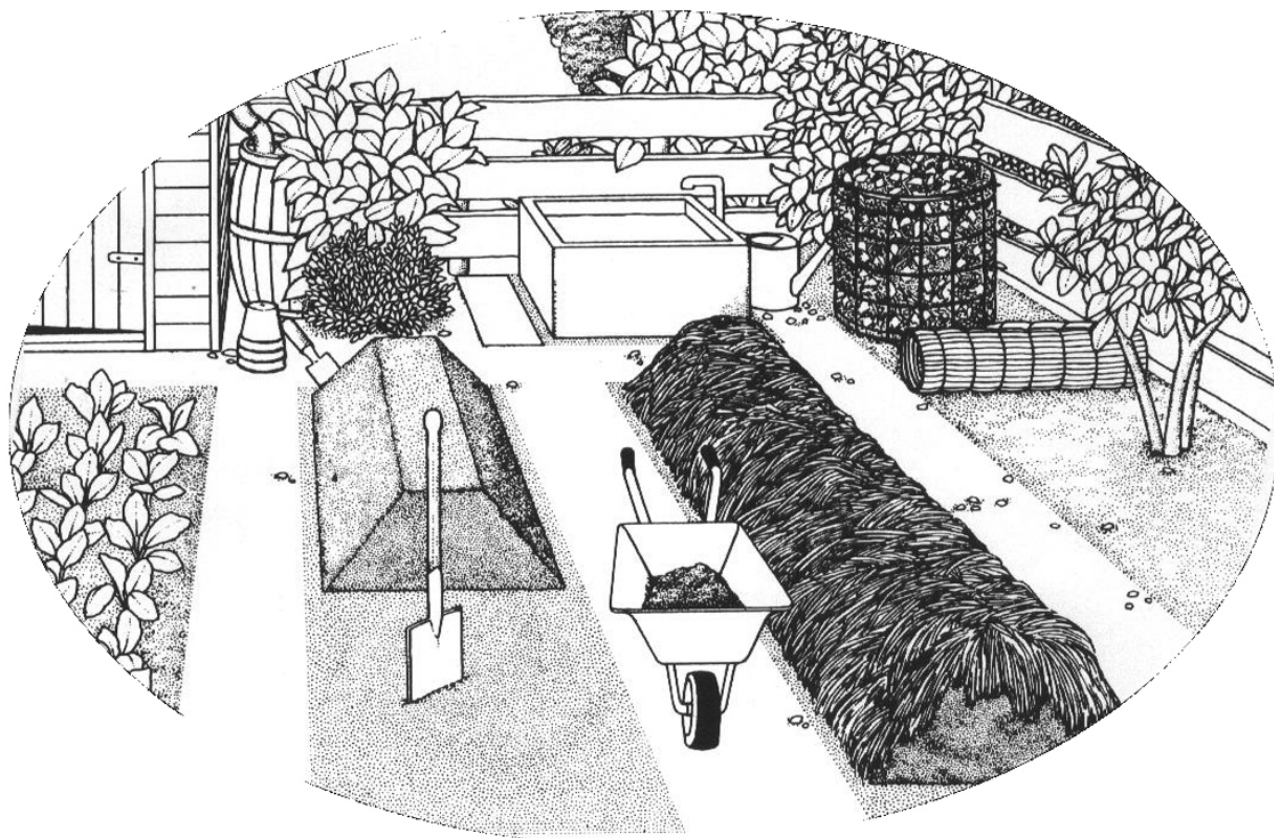


Mouvement de Culture Bio-Dynamique
Fédération francophone des organismes régionaux de Culture Bio-Dynamique

La vie du tas de compost

Jochen Bockemühl



DOSSIER TECHNIQUE

SOMMAIRE

1) INTRODUCTION, L'ACTIVITE DE L'HOMME	1
2) LE TAS DE COMPOST, ORGANE DE L'AGRICULTURE.....	2
3) RECHERCHES EXPERIMENTALES	8
3.1 Evolution du protocole expérimental et résultats généraux	10
3.2 Résultats des expériences 3 et 4.....	19
4) PRESENTATION GENERALE.....	47
5) PRESENTATION GENERALE DE L'EVOLUTION D'UN TAS DE COMPOST	52
6) DIFFERENCES DANS LE DEROULEMENT DU PROCESSUS DE DECOMPOSITION DANS DES TAS PREPARES DIFFEREMMENT	56
7) VUE D'ENSEMBLE SUR LE DEROULEMENT DU PROCESSUS DE DECOMPOSITION DANS LES COMPOSTS DE FUMIER D'ETABLE	59
8) L'ACTION DES PREPARATIONS BIO-DYNAMIQUES POUR LE COMPOST	61
9) POUR COMPRENDRE L'INFLUENCE DES ETHERS - LES ESPRITS ÉLEMENTAIRES ET LE TAS DE COMPOST	62

1) INTRODUCTION, L'ACTIVITE DE L'HOMME

Des processus de décomposition se produisent continuellement dans la nature. Chaque année des feuilles et d'autres déchets végétaux tombent et sont progressivement incorporés au sol. À ces matières végétales s'ajoutent les excréments des animaux. Il existe naturellement d'importantes accumulations de matières végétales en décomposition dans certains endroits comme les prés inondables de bord de rivière ou la forêt vierge. Cependant seul l'homme est capable de créer des concentrations de matière organique aussi importantes qu'un tas de fumier ou de compost.

Sa manière de procéder est caractéristique et, bien comprise, elle porte des germes pour l'avenir : lorsque le jardinier ou l'agriculteur préparent un tas de compost, ils créent pour la matière organique des conditions générales telles que, par leur interrelation, les éléments terre, eau, air et feu permettent la formation d'un organe. Cet organe relativement délimité, le tas de compost, entre en relation avec son environnement. Il est capable de développer une activité spécifique.

L'activité de l'agriculture est à la fois scientifique et artistique. Plus l'agriculteur est en mesure de comprendre objectivement la situation instantanée et de la replacer dans son contexte général, plus il enrichira ses connaissances et son expérience. Plus il parviendra dans son activité créatrice à accorder ses intentions avec cette vision de la situation, plus son travail gagnera en efficacité.

Ainsi on oriente des processus naturels de telle sorte que de nouveaux organes d'un niveau supérieur puissent apparaître dans la nature. Ceci est valable pour l'aménagement global d'un domaine agricole dans le sens où l'entend Rudolf Steiner (1924) mais également pour le tas de compost.

Le mode de pensée actuel est évidemment orienté dans une tout autre direction. On observe un processus donné en l'isolant le plus possible : on le déclenche en l'isolant de l'extérieur (par exemple dans une usine, loin de la nature) pour ensuite utiliser le produit obtenu n'importe où. Les répercussions sur les processus naturels sont imprévisibles car on agit sans tenir compte du contexte général. Ce n'est souvent qu'après bien des années qu'apparaissent les conséquences inattendues et indésirables. La production des engrais de synthèse en est un exemple typique.

Les résultats des recherches présentés ici n'ont pas pour but d'inciter l'agriculteur à faire analyser son compost et à en faire déterminer la microfaune avant l'emploi. Cela ne ferait que le rendre encore moins libre ; c'est-à-dire encore plus dépendant de l'avis des experts scientifiques. Il s'agit beaucoup plus d'approcher les processus se déroulant dans le compost par des expériences précises et de comprendre le sens des observations particulières en les replaçant devant une image globale du compost.

Mais, même une vision vivante et diversifiée des processus se déroulant dans un tas de compost n'a que peu de valeur si on ne la remplace pas dans un contexte plus global. Cette vision doit s'ajouter à d'autres observations ; comment les plantes poussent-elles dans un sol fertilisé avec tel ou tel compost ? Quand l'agriculteur observe ainsi un échantillon de son compost, c'est comme s'il regardait une graine en devinant ses possibilités de développement futur. La science, au lieu d'emprisonner, libère lorsque ses recherches aident : créer un arrière-plan vivant devant lequel la plus simple observation concrète prend du sens.

Nous avons donc essayé de présenter une image vivante du processus de décomposition.

L'agriculteur peut librement utiliser cette image pour entraîner son sens de l'observation. Ainsi, il pourra à partir de cette image et en accord avec son expérience personnelle et ses objectifs, diriger les processus dans telle ou telle direction d'après sa propre estimation. C'est pour cela que nous renonçons consciemment à donner des « recettes ».

Il est évident que nous pourrions indéfiniment étendre nos observations. Chacun peut augmenter ses observations personnelles. À chaque pas accompli personnellement dans la direction indiquée, notre mode de compréhension gagne en assurance. Ainsi apparaissent en nous des facultés développées consciemment car on a présent à l'esprit la manière de voir employée au moment où l'on effectue une observation. Cette voie pose également les fondements d'une nouvelle compréhension du rôle et de l'action des préparations pour le compost utilisées par la méthode bio-dynamique.

2) LE TAS DE COMPOST, ORGANE DE L'AGRICULTURE

On a facilement tendance à ne voir dans le processus de compostage qu'une dégradation de substances complexes et leur transformation en substance simples. C'est ce que nous observons extérieurement. En apparence un mélange plus ou moins hétérogène de déchets, animaux et végétaux fraîchement entassés subit un échauffement. Du gaz carbonique et de l'ammoniac s'en dégagent dans l'environnement. Il y a consommation d'oxygène. Ensuite, le tas se refroidit lentement, diminue de taille pour devenir finalement une simple masse homogène que l'on peut apporter au sol pour stimuler la croissance des plantes.

Mais on sait également que les substances de l'humus ainsi formées sont loin d'être simples, que de nouvelles substances complexes apparaissent au cours du processus de décomposition. Cet aspect nous invite à considérer le tas de compost comme une sorte d'organisme qui suit une certaine évolution. Comme les plantes, les animaux et les hommes, les communautés composées d'un nombre important d'individus constituent également des organismes. Le nid de fourmis ou l'essaim d'abeilles en sont des exemples typiques. On peut facilement se rendre compte qu'il est impossible de comprendre la vie d'un essaim d'abeilles ou d'une fourmilière en observant une abeille ou une fourmi isolée pour ensuite essayer d'en déduire la vie de l'essaim ou de la fourmilière. Il paraît évident que les danses des abeilles n'ont de sens que par rapport à la communauté. Il faut avoir une idée de l'importance du rôle joué par la communauté pour comprendre pourquoi une fourmi isolée de la fourmilière meurt rapidement, même dans de bonnes conditions alors qu'elle pourra vivre plus longtemps avec quelques compagnes et quelques œufs ou chrysalides dont elle peut s'occuper. La vie d'un individu particulier n'est compréhensible que par rapport à l'organisme que constitue la fourmilière (*W. Goetsch, 1953*)

La connaissance des processus de vie dans le sol est une science qui ne s'est développée que très récemment. Cela est dû au fait que la manière d'utiliser le sol a beaucoup évolué au cours du temps. À l'origine il s'agissait pour l'homme d'un acte cultuel. Les prêtres indiquaient le moment où l'on devait accomplir tel ou tel travail dans les champs. Ils suivaient pour cela les rythmes cosmiques et la position des étoiles qui étaient pour eux les signes de l'activité divine. Plus tard, ces actes ont été réglés par la tradition. Le père apprenait à son fils comment cultiver la terre. C'est seulement au siècle dernier que la science basée uniquement sur l'intellect humain et orienté uniquement vers la connaissance de la matière a commencé à étudier le sol comme tous les autres domaines de la vie.

Au cours de l'évolution de l'étude du sol, il est symptomatique que la tendance à considérer le sol comme une formation purement inorganique composée de nombreux

processus chimiques se soit toujours plus imposée. La théorie de *Liebig* sur les sels minéraux est venue appuyer ces idées.

Aujourd'hui encore certaines branches de la pédologie font presque totalement abstraction du monde vivant du sol, à l'exception évidemment des plantes supérieures qui poussent dans le sol considéré comme un simple substrat. Cependant le rôle important des vers de terre était déjà connu grâce à *V. Hensen* (1877) et *Ch. Darwin* (1881). Plus tard *R. H. France* (1922) a attiré l'attention sur le monde vivant du sol. Mais ce n'est que très récemment que la biologie du sol a développé une branche particulière : la zoologie du sol. Les auteurs suivants sont mentionnés pour le domaine germanique : *G. Frenzel* (1936), *W. Köhnel* (1950), *H. Franz* (1950 et 19), *F. Schaller* (1962), *W. Dunger* (1964), *W. Tischler* (1965) et *G. Mtiler* (1965).

Cette toute nouvelle science est capable de démontrer que, sans monde vivant, il ne peut exister de sol cultivé.

Sans vie végétale et animale dans le sol n'y aurait aucune fertilité du sol. (A. Palissa, 1964).

Cependant, la notion de vie du sol se rapporte en premier lieu aux différents organismes vivants et à leurs interactions directes. Mais tous ces organismes sont réunis par leur activité en une entité globale que l'on appelle la *vie*. La *vie dans ce sens*, nous la trouvons organisée de multiples manières dans les communautés végétales et animales et leurs relations avec la terre et l'environnement cosmique.

Il est moins important de constater que ceci ou cela est un organe ou un organisme que de trouver la « manière de voir » qui conduit à une véritable compréhension de la vie dans la nature.

La manière de voir que nous employons face à la fourmilière peut également être utilisé pour comprendre d'autres communautés vivantes. Nous parviendrons à une toute nouvelle compréhension des plantes et des animaux si nous les considérons comme les organes d'une communauté vivante, d'un paysage ou de la terre entière (considérée comme un organisme), comme les membres et les extériorisations spécifiques d'une entité supérieure.

Si l'on observe un peu plus précisément le processus de décomposition dans un tas de compost, on perd facilement la vue d'ensemble devant la diversité des processus. D'autre part, nous sommes obligés, par principe, de faire des observations indirectes. Nous ne pouvons jamais réellement regarder dans un tas de compost. Nous nous trouvons devant la nécessité de perturber le processus de décomposition lorsque nous cherchons à rendre visible extérieurement ce qui se passe à l'intérieur. Cette remarque est valable tant pour l'observation de substance que pour l'observation du monde vivant jusque dans ses processus les plus subtils.

On a donc imaginé une méthode qui donne la possibilité d'étudier les champignons et les bactéries dans un sol non perturbé. On ouvre le sol à un endroit avec précaution, on glisse une fine plaque de verre du genre des lamelles utilisées en microscopie puis on referme rapidement l'ouverture. Cette méthode se base sur l'hypothèse que les processus du sol poursuivent lentement leur évolution naturelle. Mais on a découvert par la suite que les micro-organismes qui apparaissent sur la lamelle ne correspondent pas aux processus vitaux se déroulant dans un sol non perturbé (voir *N. Pfennig*, 1958). On observe en fait des processus déclenchés par la perturbation. Des spores qui ne se développent pas d'ordinaire se mettent à germer et d'autres organismes sont particulièrement attirés. Ces processus correspondent à la formation de pus ou de croûtes sur une blessure et non à l'évolution normale des processus à l'intérieur d'un organisme. Mais, en étant conscient de ces

difficultés, on peut tout de même tirer des enseignements de grande valeur de ces recherches tant en ce qui concerne le sol qu'en ce qui concerne le compost.

Seuls les phénomènes qui apparaissent à la surface du tas (par exemple les champignons) ou la chaleur et les gaz qui s'en dégagent peuvent être directement observés. Nous nous trouvons ici face aux mêmes problèmes que l'on rencontre pour l'étude de tout organisme vivant.

Une autre difficulté pour une juste connaissance réside dans le fait que nous observons les micro-organismes au microscope et que nous nous les représentons au même niveau que les êtres de notre environnement habituel. Sans nous en rendre compte, nous nous transposons avec eux dans les grottes, etc. sans penser qu'avec le changement de dimension, toutes les conditions sont modifiées (par exemple le rapport à l'eau de condensation). Il est difficile de trouver la manière de voir qui donne à ces êtres microscopiques leur juste place par rapport à l'ensemble, comme des cellules dans un organisme supérieur.

Ceci est particulièrement difficile avec les micro-organismes, les bactéries, les êtres unicellulaires et les champignons du sol car on ne peut les observer qu'avec un grand déploiement de technique. Cependant, ces êtres jouent un rôle extrêmement important dans le sol et sont encore beaucoup trop peu connus. Pour la plupart des animaux nous avons toutefois la possibilité de nous familiariser avec eux à partir des êtres visibles à l'œil nu. Évidemment, plus nous approfondirons notre connaissance dans les détails, plus notre vision du compost s'enrichira et deviendra consciente. Cependant, il est déjà possible d'avoir une vision globale sans tout connaître en détail. Le regard étant dirigé vers l'essentiel, il est possible d'aller plus loin. La vision globale apporte de la simplicité dans la diversité des observations. L'observation d'une partie, considérée par rapport au tout, peut déjà nous donner une image du tout.

On peut facilement comprendre ceci en observant l'être humain. Déjà l'observation de son visage, de sa physionomie nous révèle quelque chose de sa nature profonde, mais nous la connaissons mieux en observant également sa démarche et en écoutant la manière dont il exprime ses pensées.

Par sa forme et sa croissance la plante montre directement, en image, comment l'univers (par l'intermédiaire du soleil) agit de concert avec la terre (J. Bockemühl 1977). Ce qui se révèle à nous est lié à l'image originelle (Urbild) de l'espèce qui est transférée dans le présent par l'hérédité, comme le souvenir d'anciennes conditions de vie. Seule la racine de la plante reste habituellement cachée. Pour l'observer il faut changer sa manière de voir. Nous observons alors quelque chose qui ne peut exister qu'hors de portée de nos sens, qui n'est réel qu'en étant caché. Pour connaître la réalité, il nous faut transférer en pensée dans la terre ce que nous avons observé. Le même problème se pose pour le tas de compost. Celui-ci nous présente extérieurement une forme très grossière. Sa morphologie nous montre comment l'élément terrestre peut être élevé au-dessus du sol. Peut-être pouvons-nous encore deviner l'origine des matériaux de base mais la véritable structure du compost est cachée à l'intérieur.

L'observation du monde animal peut nous conduire à l'intérieur du tas. Les animaux révèlent par leur forme et leur comportement leurs rapports avec certaines qualités de leur milieu de vie. La présence d'une certaine espèce indique que certaines conditions sont réunies.

À la surface de la terre, on trouve des animaux se déplaçant librement, des mammifères, des oiseaux. Chaque espèce a une forme et des organes adaptés de manière particulière à la vie dans l'espace aérien. Ces animaux courent, volent ou grimpent sur le support que forme le

sol. La richesse de leurs couleurs et leur faculté de vision correspondent à l'espace éclairé. La formation des sons et la faculté auditive sont également liées à cet espace aérien. Ces animaux ont une forme plus compacte que les animaux typiques du sol. Les serpents présentent déjà une relation avec un domaine différent, le monde inférieur du sol.

Contrairement à l'espace aérien qui constitue notre domaine de vie, on trouve dans le sol et le tas de compost une interpénétration des éléments terre, eau, air et chaleur. Cette interpénétration des éléments forme un nouveau milieu de vie qui transforme les animaux aériens et aquatiques. Le sol est en tout premier lieu le domaine des vers. Le ver de terre sans yeux est si sensible à la lumière qu'il meurt après une courte exposition à la lumière solaire. Son corps est formé de segments réguliers. Tâter et goûter sont ses principales activités sensorielles. Outre le ver de terre et le ver de fumier, il existe d'autres vers annelés comme les petits enchytréides. L'immense population variée des minuscules nématodes qui vivent dans les zones les plus humides du sol forme la transition entre les vers et les petits animaux aquatiques. La plupart des espèces de nématodes se nourrissent de bactéries et jouent un rôle très important dans la destruction des matières organiques et dans l'élaboration d'un sol fertile. Peu d'entre eux sont à considérer comme nuisibles comme par exemple les anguillules qui attaquent le blé et les betteraves. Ce sont elles qui ont fait une mauvaise réputation aux nématodes. Quand les conditions ne leur sont pas favorables, les nématodes sont capables de se dessécher et de survivre longtemps dans cet état. Les rotifères et les unicellulaires sont également à considérer comme des habitants aquatiques du sol.

Les êtres vivants adaptés à ce domaine caché du sol se répartissent en différentes classes ou en différents stades évolutifs d'animaux qui changent de milieu de vie au cours de leur évolution. Ainsi les stades transitoires entre les habitants de l'espace aérien et les animaux du sol prennent de multiples formes. Beaucoup de vertébrés se creusent un abri sous terre, mais rares sont ceux qui y passent toute leur vie comme la taupe lucifuge qui creuse la terre de ses pattes antérieures en forme de pelle, en reniflant et palpant délicatement du bout du nez.

Les arthropodes ont un lien beaucoup plus étroit avec le sol. Dans le sol vivent de nombreuses larves d'insectes dont l'adulte vit à la surface. Déjà par leur aspect extérieur et leur organisation uniforme, ces larves ressemblent aux vers, mais peu d'entre elles leur ressemblent au point de se frayer un chemin en se nourrissant du substrat composé essentiellement de matière organique. C'est cependant justement grâce à cette faculté que de nombreuses larves de mouches et de moustiques (voir illustration 1) sont de très importants préparateurs de l'humus. D'autres arthropodes vivant dans le sol comme l'armée des acariens, les mille-pattes, les cloportes, de nombreux coléoptères ou également les stades larvaires de nombreuses familles d'insectes restent cependant plutôt des habitants de l'espace aérien : ce sont en quelque sorte les habitants des cavernes du sol car ils colonisent les petites cavités qu'ils ont rarement créées eux-mêmes. Nous les considérons comme les « insectiformes » en opposition aux « vermiformes » ; cette distinction ne correspond pas à leur place dans la classification de la systématique.

Chaque groupe d'êtres vivants nécessite des méthodes d'étude spécifiques. Nous avons cherché à étudier particulièrement un groupe indicateur qui puisse apporter le maximum d'informations.

Les différentes espèces de vers de terres les plus connues (environ 16 espèces en Europe centrale) ont des conditions de vie variées. Certaines, comme le ver de fumier (*Eisenia foetida*), ne vivent que dans les substances en décomposition et meurent si on les met dans les champs où vivent entre autres les grands vers de terre (*Lumbriscus terrestris*). Ces vers peuvent déjà nous apporter quelques enseignements.

Les collemboles, quant à eux, sont beaucoup plus variés ; ils sont représentés en Europe centrale par environ 300 espèces. Ce sont des insectes primitifs dépourvus d'ailes qui jouent un rôle particulièrement important dans la vie du compost. Nous nous sommes particulièrement intéressés à ce groupe d'insectes. Ils sont représentés aussi bien par des types « insectiformes » que par des types « vermiformes » avec toutes les formes intermédiaires allant du milieu aérien éclairé jusqu'aux sombres profondeurs du sol. L'étude de ce seul groupe d'insectes permet déjà d'obtenir une vision diversifiée des conditions de vie existant dans le compost.

L'illustration I (page 7) présente différentes formes de collemboles groupées en « insectiformes » et en « vermiformes ». Les insectes sont également ordonnés suivant leur habitat principal ; les « insectiformes » sont généralement plus mobiles, possèdent de plus longues pattes et une plus longue furca¹. C'est seulement parmi ceux-ci que l'on trouve des habitants de la surface du sol et des plantes supérieures. Ils ont une forme très différenciée et sont souvent ornés de jolis motifs bleus ou bruns sur fond jaune. La relation de ces motifs et la formation des yeux avec l'influence de la lumière a déjà été présentée dans d'autres ouvrages (voir J. Bockemühl 1965 et 1966, H. Poppelbaum 1936 et A. Suchantke 1965).

Les collemboles de type vermiformes ont une forme plus grossière. Ils ont de courtes pattes ; la furca est souvent totalement absente. Ces insectes possèdent le plus souvent une épine à l'arrière dont ils se servent, le cas échéant, pour sortir en marche arrière des galeries qu'ils ont eux-mêmes creusées en se nourrissant de la matière organique.

Parmi les « vermiformes » comme parmi les « insectiformes » existent toutes les formes transitoires entre les habitants de la litière et ceux des couches profondes du sol. Plus les espèces vivent en profondeur, plus elles sont sensibles au dessèchement et à la lumière.

Parallèlement à ce phénomène, la pigmentation diminue et les yeux qui, en surface, étaient formés de 8 ocelles se réduisent à 6,5,4,2,1 ocelles pour disparaître chez les formes entièrement aveugles. Par contre, des organes particulièrement différenciés se développent servant surtout à palper, à goûter et à sentir ; les fonctions exactes de ces organes ne sont pas encore entièrement connues. De nombreuses particularités, comme le tube ventral avec une ventouse dévaginable sur le ventre pour se fixer au substrat et pour absorber l'eau, ont un rapport direct avec la vie dans le sol. Leur mode de fécondation particulière a également été observée chez de nombreux autres animaux du sol comme les scorpions, les mille-pattes, etc. : le mâle dépose une goutte de sperme sur un bâtonnet où la femelle viendra la prendre.

Dans la manière de se nourrir les collemboles présentent également des comportements très variés. Ils participent surtout à la destruction de la matière organique, mangent les restes fanés des plantes, les bactéries, les champignons etc. et participent à la dissémination des spores de micro-organismes et en tout premier lieu des spores des importants champignons du sol. Dans l'ensemble, on peut dire qu'ils aident à réduire l'activité des substances organiques et participent à la création d'une nouvelle animation et d'une structuration spécifique de l'organe « sol ».

L'étude de la répartition des différentes formes de collemboles apporte des renseignements sur les conditions structurales et sur l'activité du sol ou du compost.

Globalement, on peut dire que plus la composition du peuplement en espèces est variée, plus les conditions structurales du sol seront variées. Le sol peut ainsi plus facilement compenser des variations des conditions d'environnement et ainsi s'opposer à des nuisances. La densité du peuplement de collemboles a un rapport direct avec l'intensité de la vie dans le sol. Il n'est donc pas étonnant que les interventions culturales et la nature de la couverture du sol aient de nettes répercussions sur la composition du peuplement en espèces et sur le

¹ La furca est un appendice spécialisé en forme de fourche situé sous l'abdomen des collemboles, elle leur permet de se propulser dans l'air.

nombre de collemboles. Tout travail du sol et apport de fumure agit profondément sur le monde vivant du sol. Jusqu'à présent, les expériences montrent que les collemboles réagissent de manière spécifique et sont très sensibles à toute modification de leurs conditions de vie.

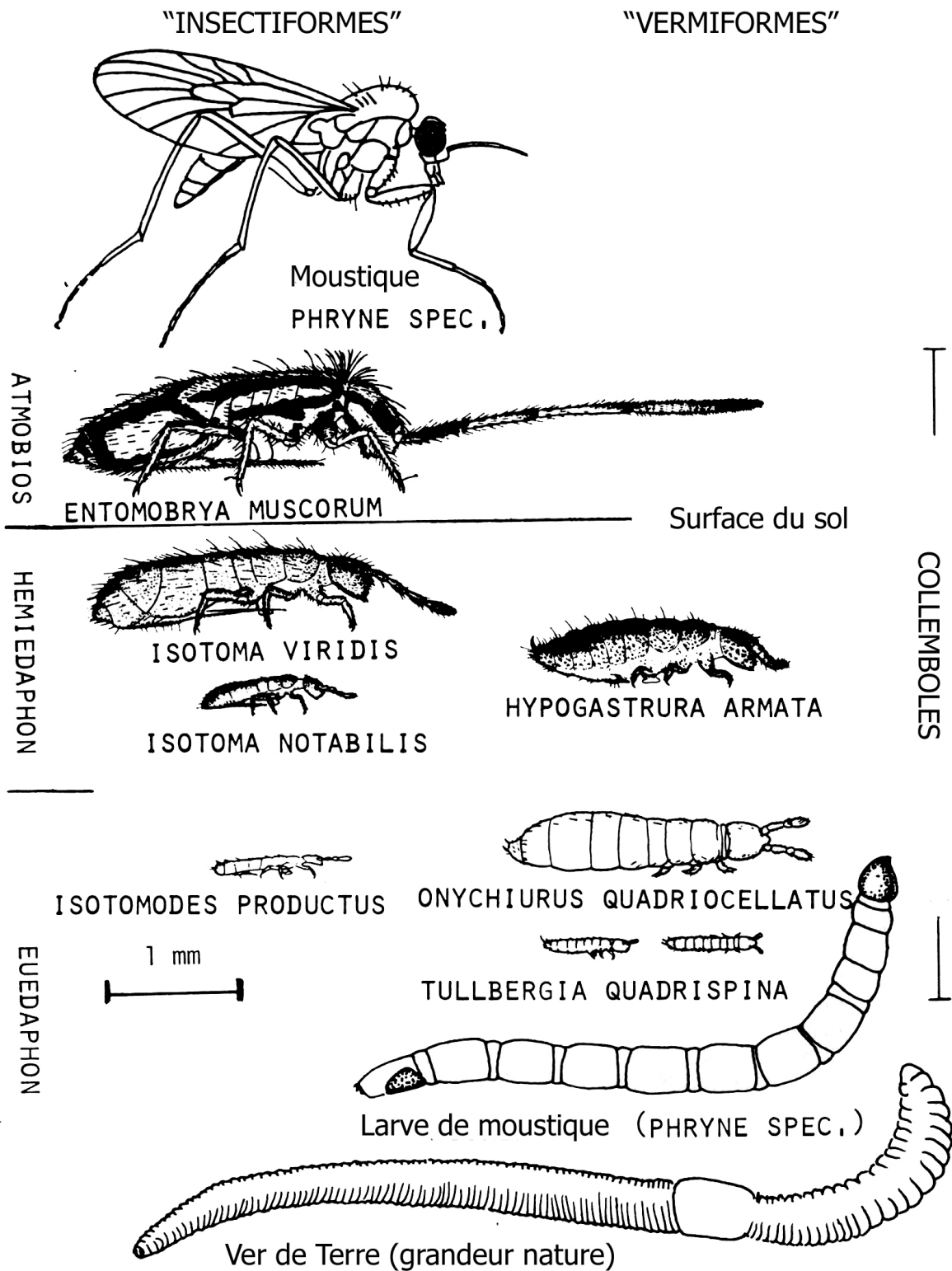


Illustration I : Différenciation spatiale de la pédofaune du compost et du sol. Différentes espèces de collemboles de formes diverses, groupées en « insectiformes » et « vermiformes ». Pour comparaison, une larve et un insecte adulte (imago) de moustique (*Phryne spec.*). Comme les larves de nombreux diptères et d'autres groupes d'insectes, la larve de moustique se développe dans le sol sous forme de ver. Le ver de terre est représenté grandeur nature ; tous les autres insectes sont représentés agrandis à la même échelle.

3) RECHERCHES EXPERIMENTALES

Observations et mesures pour caractériser le déroulement du processus de décomposition dans le compost de fumier avec considération toute particulière sur les collemboles.

Dans l'agriculture et le maraîchage, les processus de décomposition créent le lien entre ce qui provient des animaux et des plantes, et le sol. Le tas de compost peut-être considéré comme un nouvel organe à l'intérieur de « l'organisme agricole » qui a été créé par l'homme en accord avec la nature. Le compost joue un rôle de médiateur.

Pour que celui-ci puisse bien accomplir ses fonctions d'organe, certaines conditions extérieures et intérieures sont nécessaires.

L'agriculteur pourra savoir si ces conditions sont remplies en prenant un échantillon du compost, en l'observant, le palpant entre les doigts, le sentant, le goûtant éventuellement, etc. Mais l'observation de l'aspect extérieur ne suffit pas ; il est nécessaire d'avoir une vision globale qui s'étend à de nombreux détails. Pour cela on peut, d'une part, « prolonger » les perceptions sensorielles par des analyses et, d'autre part, utiliser la microfaune du compost comme témoin indicateur. Il existe déjà quelques travaux dans ce sens (J.Sachsse 1960, G. Gisin 1952) cependant la plupart de ces travaux ne tiennent compte de la morphologie des différentes espèces que pour les déterminer. Nous voulons par contre essayer d'étudier la forme et le comportement des animaux pour en tirer des enseignements sur les conditions dans le compost. Dans des travaux antérieurs allant dans ce même sens, nous avons présenté des recherches plus générales sur les conditions naturelles du sol en relation avec les collemboles qui jouent, avec les vers de terre, le rôle le plus important dans le compost (J. Bockemühl 1956).

Nous avons trouvé les premières impulsions pour ces recherches dans les travaux de H. Gisin (1943) sur les collemboles dans les environs de Bâle. Alors que Gisin dans sa classification des collemboles ne se base que sur la morphologie, nous sommes parvenus à prouver qu'il existe un rapport entre cette classification et la répartition réelle des espèces en profondeur dans le sol.

Les aspects morphologiques ont pu être élargis de façon importante et nous avons pu établir un rapport entre ceux-ci, certaines particularités de comportement et la nature du substrat. Mais nous avons également trouvé des exceptions chez quelques espèces qui effectuent des migrations verticales au cours de l'année. Avec ces connaissances, il était logique de faire des observations sur les processus de décomposition dans le tas de compost.

Deux questions sont à la base des expériences décrites ci-dessous :

1° Que peut nous apprendre la succession des différentes espèces de collemboles (apparition et disparition) sur le processus de décomposition ?

L'objectif était d'essayer d'obtenir une image de la succession des collemboles par une étude précise de ceux-ci dans toutes les phases du processus de décomposition. Nous voulions mettre cette image de l'évolution des collemboles en relation avec l'évolution de la température, avec l'observation directe de l'état du compost et, dans les expériences ultérieures, avec quelques données analytiques simples.

2° Comment peut-on s'apercevoir de l'action des préparations bio-dynamiques pour le compost ? La question suivante revient toujours : comment peut-on observer l'action des préparations biodynamiques déjà au cours du processus de décomposition dans un tas de compost ?

D'après le « cours aux agriculteurs » (Rudolf Steiner 1924) l'action de ces préparations est certainement très différente de celle qu'exerceraient des adjuvants dont l'action peut se détruire directement des propriétés matérielles. Il s'agit ici avant tout d'une action régulatrice dans un contexte global. Il faut, de ce fait, faire particulièrement attention à la relation sol-plante. Comme il s'agit de différenciations des plus subtiles, il n'est pas certain qu'on puisse déjà remarquer une différence dans le compost lui-même. C'est surtout sur le processus de décomposition qu'on peut s'attendre à observer l'influence des préparations.

Dans nos recherches, nous nous sommes essentiellement limités à l'observation du processus de décomposition. Nous avons mis en place des expériences avec des plantes en plein champ. Nous n'avons malheureusement pas pu en utiliser les résultats pour des raisons techniques. Dans l'annexe sont relatées les expériences sur les radis et les épinards dans les récipients permettant d'observer les racines.

Nous avons pu réaliser les premières recherches comparatives sur le compost en 1960/61 en collaboration avec le jardin expérimental du Goetheanum. Ces expériences ont été systématiquement poursuivies jusqu'en 1969 en apportant des améliorations progressives à la méthode expérimentale. Pour comparaison, nous avons également prélevé des échantillons en différents endroits.

Avec l'expérience, nous avons pu augmenter le nombre d'observations et de mesures parallèles. Peu à peu, nous avons ajouté aux observations directes la mesure de la température et des analyses chimiques simples qui peuvent apporter de précieuses indications supplémentaires sur les processus vivants et sur l'état du substrat.

Le traitement du grand nombre de données expérimentales a été long car nous avons parfois manqué de collaborateurs et car nous cherchions toujours à approfondir notre compréhension des phénomènes observés en suivant toujours de près les processus de décomposition. Je voudrais particulièrement remercier les collaborateurs qui ont le plus participé à ce travail : Käte Ahrens, Marlies Claus, Christoph Göbel, Veronika Hernmark, Margarete Küstermann, Meike von Tienhoven, Slobodan Velicki et d'autres.

Aperçu général des expériences :

EXPERIENCE 1 : du 10.9.1960 au 4.4.61 (29 semaines). Évolution du processus de décomposition dans deux tas similaires (fumier de vache et de cheval + terre) avec les préparations (pr.) et sans les préparations (s.)

Mesure : évolution de la température

EXPERIENCE 2 : du 31.3.66 au 18.6.66 (11 semaines). Évolution du processus de décomposition dans 4 tas similaires.

Mesures : évolution de la température, activité de gaz carbonique.

EXPERIENCE 3 : du 17.4.1967 au 25.10.1967 (27 semaines).

Évolution du processus de décomposition dans 12 tas.

- Groupe de tas I : tas 1-4 tassés et arrosés avec addition de tourbe.
- Groupe de tas II : tas 5-8 non tassés et non arrosés avec addition de tourbe.
- Groupe de tas III : tas 9-12 tassés arrosés sans addition de tourbe.

Dans chaque groupe de tas : 2 tas avec préparations (pr.) et 2 tas sans (s.).

Mesures : évolution de la température, activité du gaz carbonique (=CO₂), rejet d'ammoniac, azote total, nitrates, rapport carbone sur azote (C/N), perte de substance.

EXPERIENCE 4 : du 27.5.1968 au 23.4.1969 (4 semaines). Évolution du processus de décomposition dans 12 tas. Dans chaque groupe de tas I, II, III, chaque fois 1 tas sans préparations (s.), 1 tas avec les préparations (pr.), 1 tas avec les préparations millefeuille

camomille ortie (MCO), 1 tas avec la préparation de pissenlit (P). Mesures : comme pour l'expérience 3.

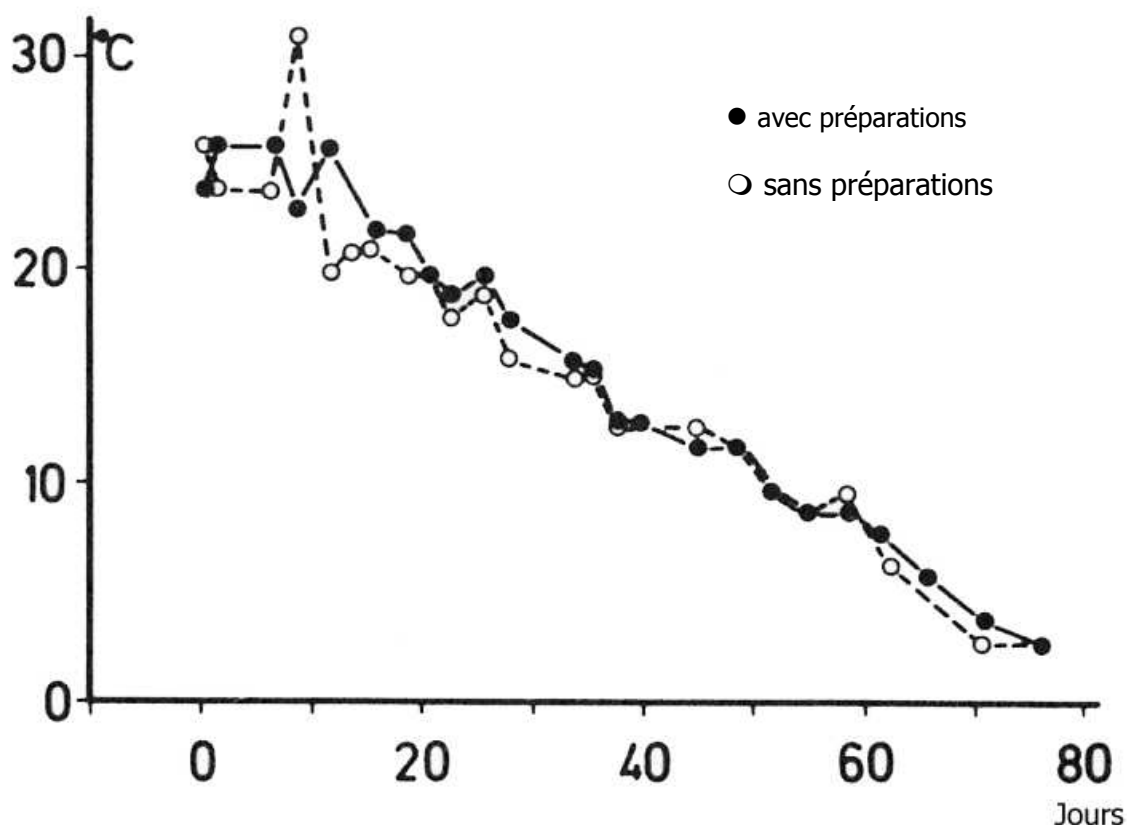
3.1 Evolution du protocole expérimental et résultats généraux

Expérience 1 (10.9.1960-4.4.1961)

(Comme exemple de différentes expériences préliminaires faites dans les années 1960-1966)

- 2 tas mis en place le 10.9.1960 à base de fumier de cheval très pailleux avec ajout de terre de déchaudrage et de terre d'une couche chaude.
- surface au sol à la mise en place du tas : environ 3m x 2m ; hauteur : 1m
- prise d'échantillons au bout de 4/9/16 et 27 semaines
- dernière prise d'échantillons le 4.4.1961. Le processus de décomposition a donc passé l'hiver.
- on a prélevé chaque fois des échantillons d'1/2 litre à 20 cm et à 40 cm de profondeur.
- On a suivi l'évolution de la température sur 76 jours. Nous avons pu faire les observations suivantes :

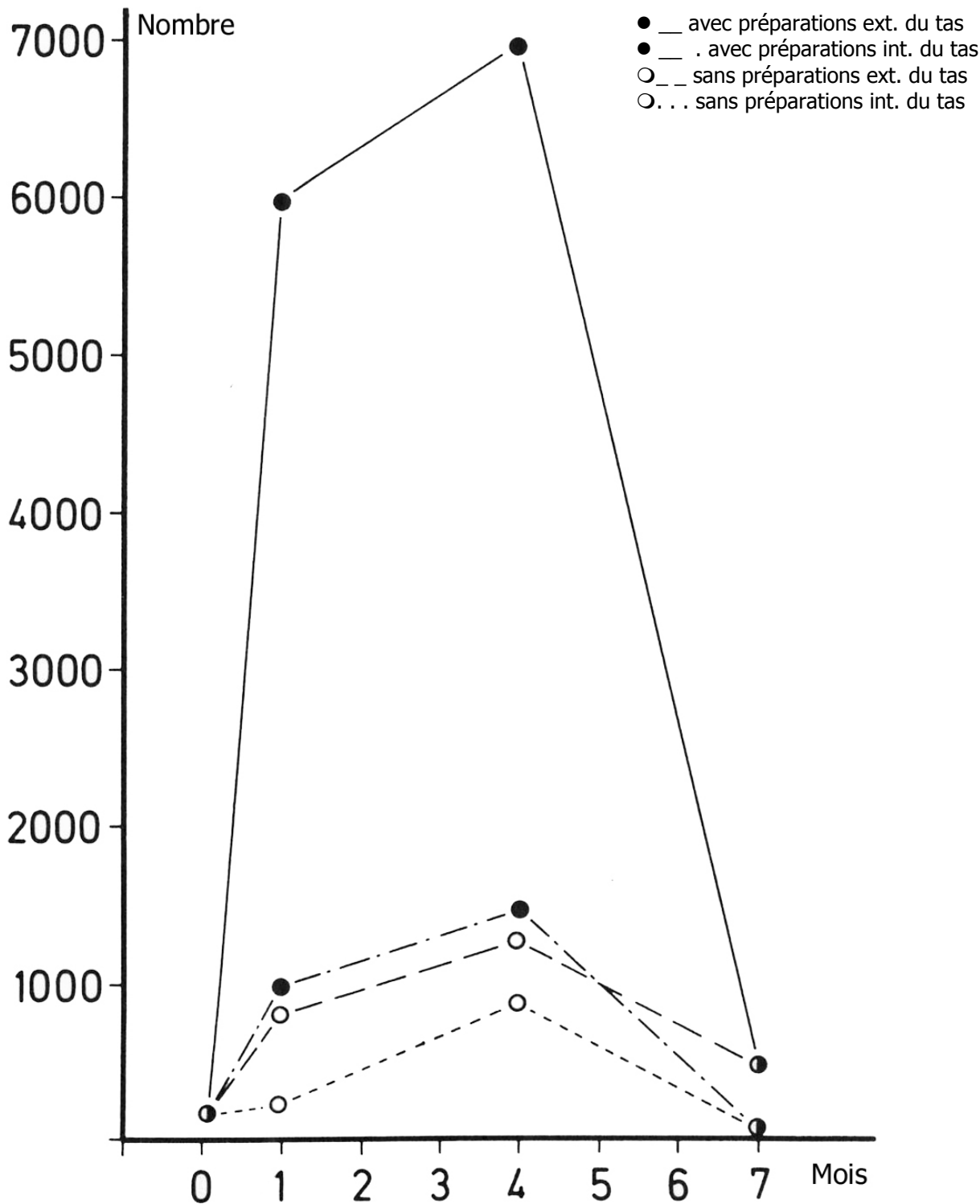
Diagramme 1 : (Expérience 1) Evolution de la température au cours du processus de décomposition



Dans l'évolution de la température, nous avons remarqué des différences entre les tas avec préparations et les tas sans préparations (diagramme 1). La température, mesurée à l'intérieur du tas, n'a pas augmenté autant au début du processus que dans les expériences postérieures. Dans les tas qui ont reçu les préparations, l'évolution de la température est plus régulière.

On remarque, en particulier dans les tas sans préparations, un réchauffement plus rapide et plus élevé avec un maximum 10 jours après la fabrication du tas. D'après les rapports de certains praticiens, ce phénomène avait déjà été observé çà et là ; ceci nous a incité à porter une attention toute particulière à l'évolution de la température.

Diagramme 2 : (Expérience 1) Nombre de collemboles par litre de compost



On a remarqué d'importantes différences dans les tas avec et les tas sans préparations en ce qui concerne la succession de différentes espèces de collemboles et le nombre d'individus au cours du processus de décomposition (diagramme 2).

Diagramme 3: (Expérience 1) Apparition chronologique des collemboles. Nombre en classe d'abondance (nombre d'individus par litre)

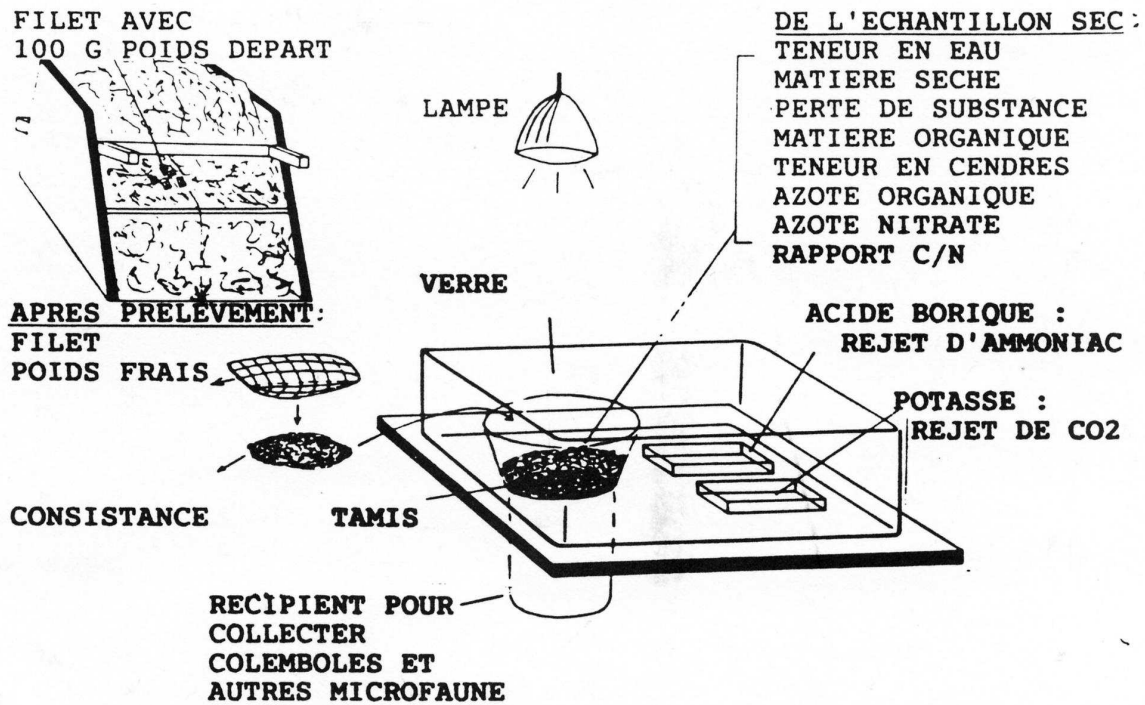
	matériau de départ				après la 4°		9°		16°		29° sem			
	fumier frais		Terre	Terre de la couche de fumier	avec prép. Camomille Pissenlit Achillée Ecorce de chêne Ortie 20 cm prof.	S.pr. 10 cm prof. 20 cm prof.	avec prép. sans prép.	a. prép. extérieur	a. prép. intérieur	sans pr. extérieur	sans pr. intérieur	a.pr. intérieur	S.pr. intérieur	
	Vache	Cheval												
Folsomides parvulus			1 2											
Isotoma olivacea			2											
Folsomia quadriculata														
Sychirus hortensis			2											
Orchesella villosa			2											
Pseudosinella duodecimpunctata			2											
Isotomurus palustris			4 3	1 1										
Smittunides spec.		2	2 1	2										
Hydrogastera assimilis		2												
Trichotoma minuta			3 4	3 3	4 2 1 1	2	4 2	3 2	2 2 2 2 2	2 2 2 2	3 2	2		
Isotoma maritima					4	4 3 4	4 5 4 5 4 4	4 4 4 4 4 4	4 4 4 4 4 4	4 4 4 4 4 4	3 3 3 3	4 3	1	
Lepidocyrtus cyaneus			3 2		2	3	2 2 3 3	2 2 3 3	3 3 3 3 3 3	3 3 3 3 3 3	4 3 3	3	2 3	
Hydrogastera bengtssoni			1		1	3 2	3	3 3 3 3 3 3	5 5 4 4 4 4	4 4 3 3 3 3	4 3 3	4 3	3	
Hydrogastera denticulata			2 3	2			3 3 3 3 3 3	3 3 3 3 3 3	3 3 3 3 3 3	3 3 3 3 3 3	4 3 3	4 3	3	
Sinella senega			1	3 2	2	2 3 1	4 5	4 5	2 3 1	2 2 1	1		3 3	
Lepidocyrtus lanuginosus					3 2	3 2	4 3 3 2	5 5	1 2	2 2 3 2 2 2	2 2 1	1	1	
Xenylla welchi	4 2	2 2	3 2	1	4 3 5 4 4 5	4 4 5	4 4 5 5	2 2 3 2 2 2	2 2 3 2 2 2	2 2 2 2 2 2	2 2 2 2	1	1	
Neanura muscorum			2		1									
Sychirus fimatus			2				2							
Folsomia candida			1 3	3 3			2							1 2
Isotoma notabilis			2				3							2 2
Friesea mirabilis			2											2 2
Pseudosinella alba														2
Folsomia nana			1											1
Heteromurus nitidus			2											2
Isotoma violacea														1
Isotomiella minor														2
Pseudosinella alba														1
Tomocerus vulgaris							2							1

Echantillons de comparaison au bout de 11 mois de préparations

EXPERIENCE 2 (31.3.1966-18.6.1966)

Durant la première expérience, nous avons remarqués les imperfections suivantes : les échantillons étaient grands et peu maniables ; la nécessité de creuser le tas à chaque prélèvement posait également problème. De plus, nous étions tentés de croire que l'influence des préparations pouvait également dépendre de la manière dont nous avons édifié le tas.

À partir ce constat, pour réaliser les expériences suivantes, nous avons édifié un long tas de compost que nous avons divisé comme décrit ci-dessous en petits tas par deux cloisons internes. La partie supérieure de chaque tas a été disposée sur un filet de nylon pour pouvoir prélever des échantillons sans perturber le tas.



APPAREIL DE BERLESE

Illustration 2: Représentation schématique du tas de compost et des analyses effectuées dans les expériences 2, 3 et 4.

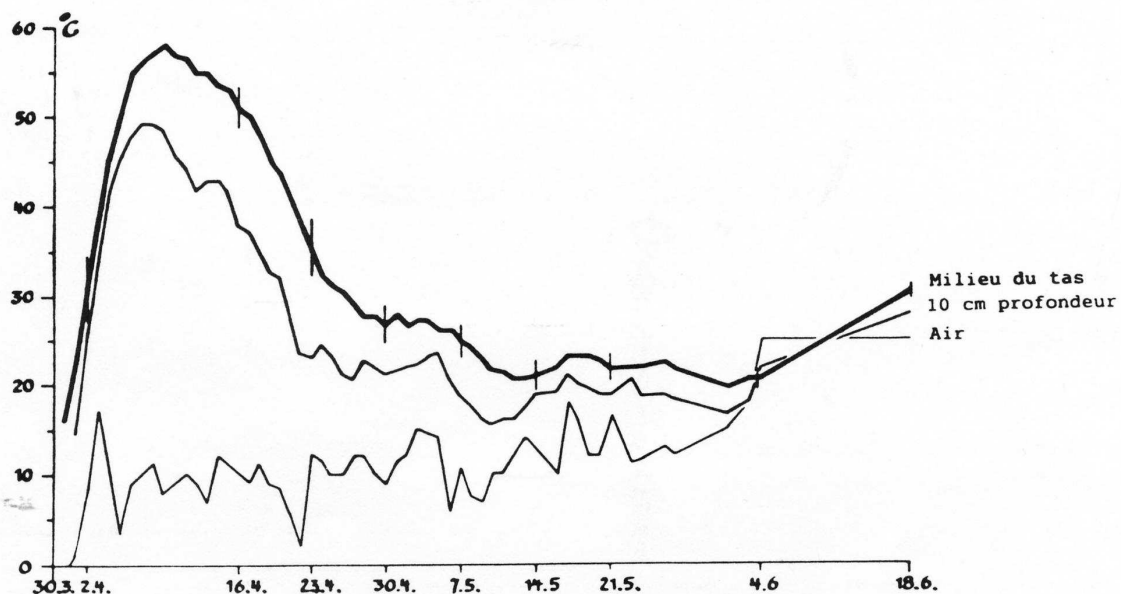


Diagramme 4 : (Expérience 2) Evolution de la température.
Valeurs moyennes de 4 tas à 10 cm de profondeur et au centre du tas ainsi que dispersion moyenne au centre du tas au moment du prélèvement des échantillons.
Température de l'air pour comparaison. (page précédente)

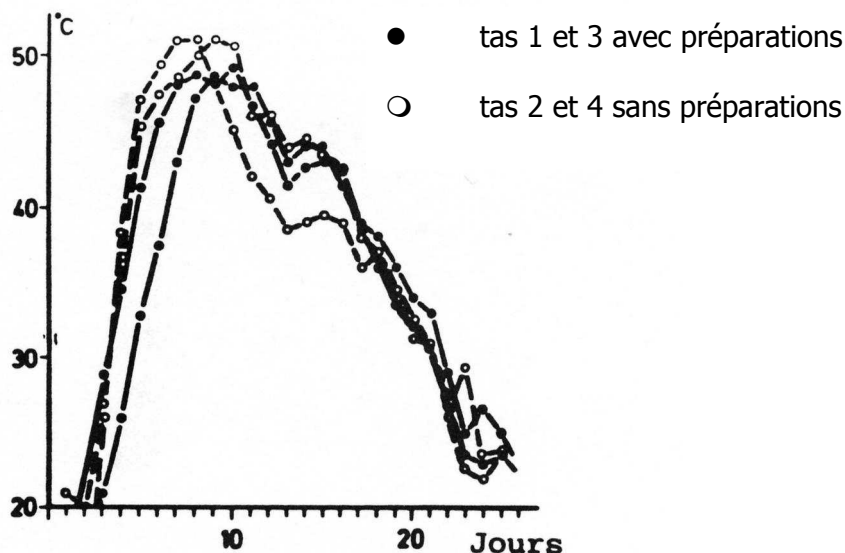
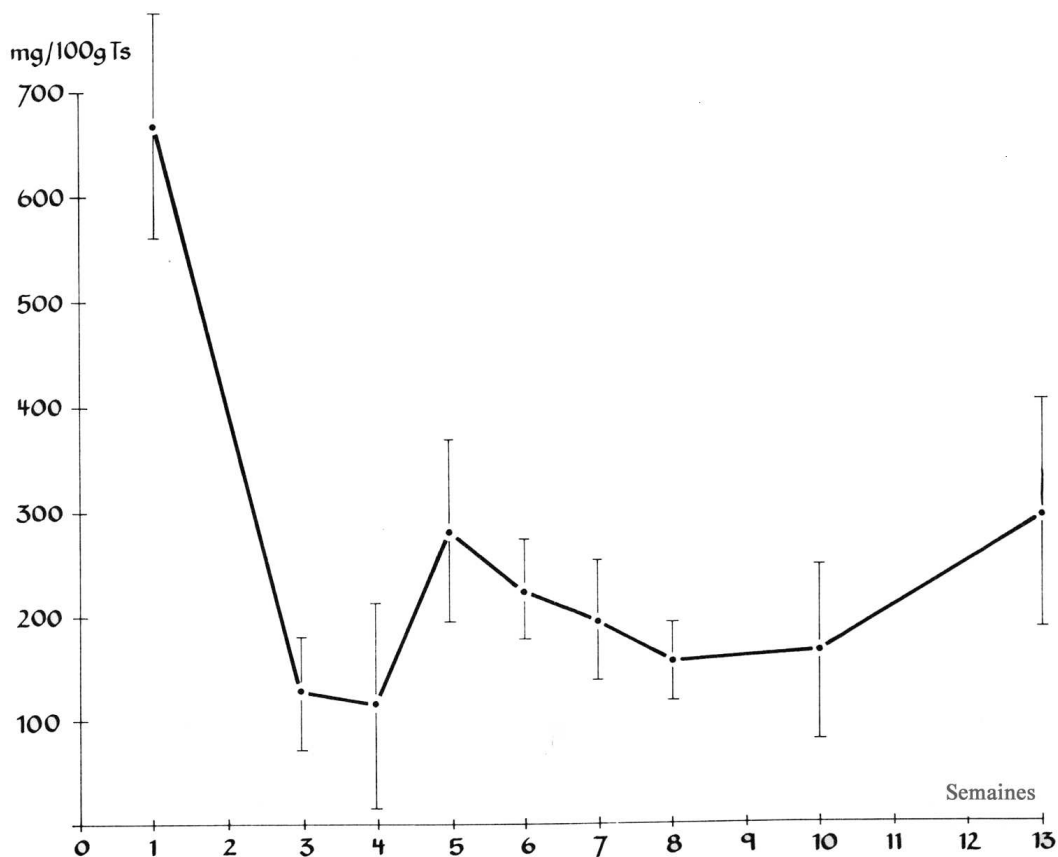


Diagramme 5 : (Expérience 2) Evolution de la température durant la fermentation

Diagramme 6 : (Expérience 2) Activité du gaz carbonique des échantillons durant le processus de fermentation, mesuré par le rejet de CO₂ durant 24 h. Moyenne de 8 échantillons (de 4 tas) et dispersion moyenne.



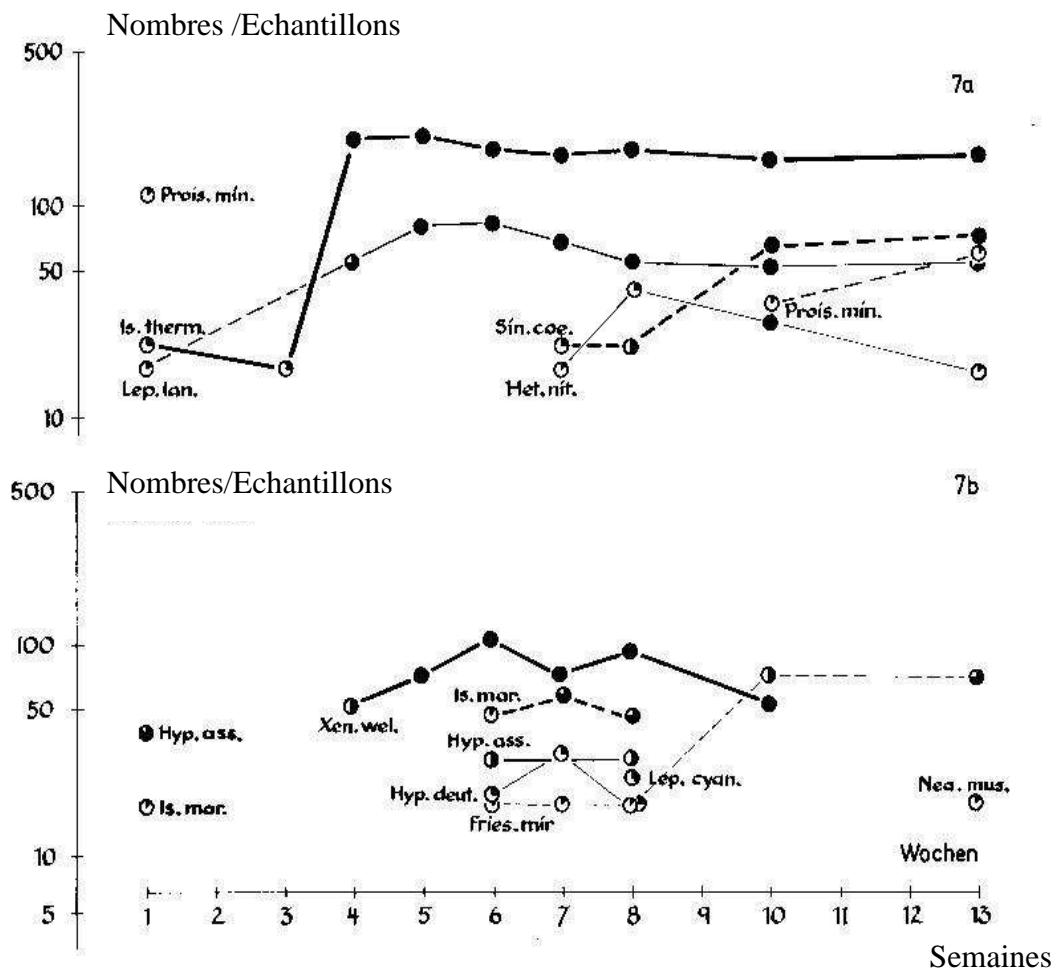


Diagramme 7a et 7b : (Expérience 2) Apparition des espèces de collemboles dans le temps. Moyennes de 8 échantillons (de 4 tas différents) à chaque fois. Le remplissage des cercles indique le nombre d'échantillons dans lesquels on a trouvé l'espèce en question.

Pour contrôler la régularité du processus de décomposition, nous avons édifié 4 tas avec un mélange composé en majorité de fumier de vache et de cheval : 2 tas avec les préparations 502-507 (pr.), 2 tas sans préparations (s.). À intervalles réguliers, nous avons prélevé des échantillons de ces tas, mesuré l'activité du gaz carbonique (=CO₂), capturé les collemboles avec un appareil de Berlèse (illustration 2) ; nous avons ensuite déterminé les espèces et compté le nombre de collemboles.

Cette expérience a montré que les tas édifiés de la même manière suivent un processus de décomposition comparable, d'après les mesures que l'on a fait pour essayer de comprendre ce processus (température, activité du gaz carbonique et succession des collemboles).

Étant donné que les tas ont été édifiés en mars à un moment où la température de l'air était très basse, les températures (diagramme 4) dans les tas n'ont augmenté que lentement mais ont cependant presque atteint 60° dans le milieu des tas au bout de quelques jours et 50° à 10cm de profondeur.

Peu après la température a baissé, d'abord lentement et ensuite plus rapidement jusque début juin. Ensuite, la température a augmenté encore une fois avec la température de l'air.

En comparant l'évolution de la température (diagramme 5) dans les tas avec préparations (1 et 3) avec celle des tas sans préparations (2 et 4), on remarque que chez ces derniers la

température s'élève plus et a tendance à baisser plus rapidement. Par la suite les deux courbes de température se rassemblent.

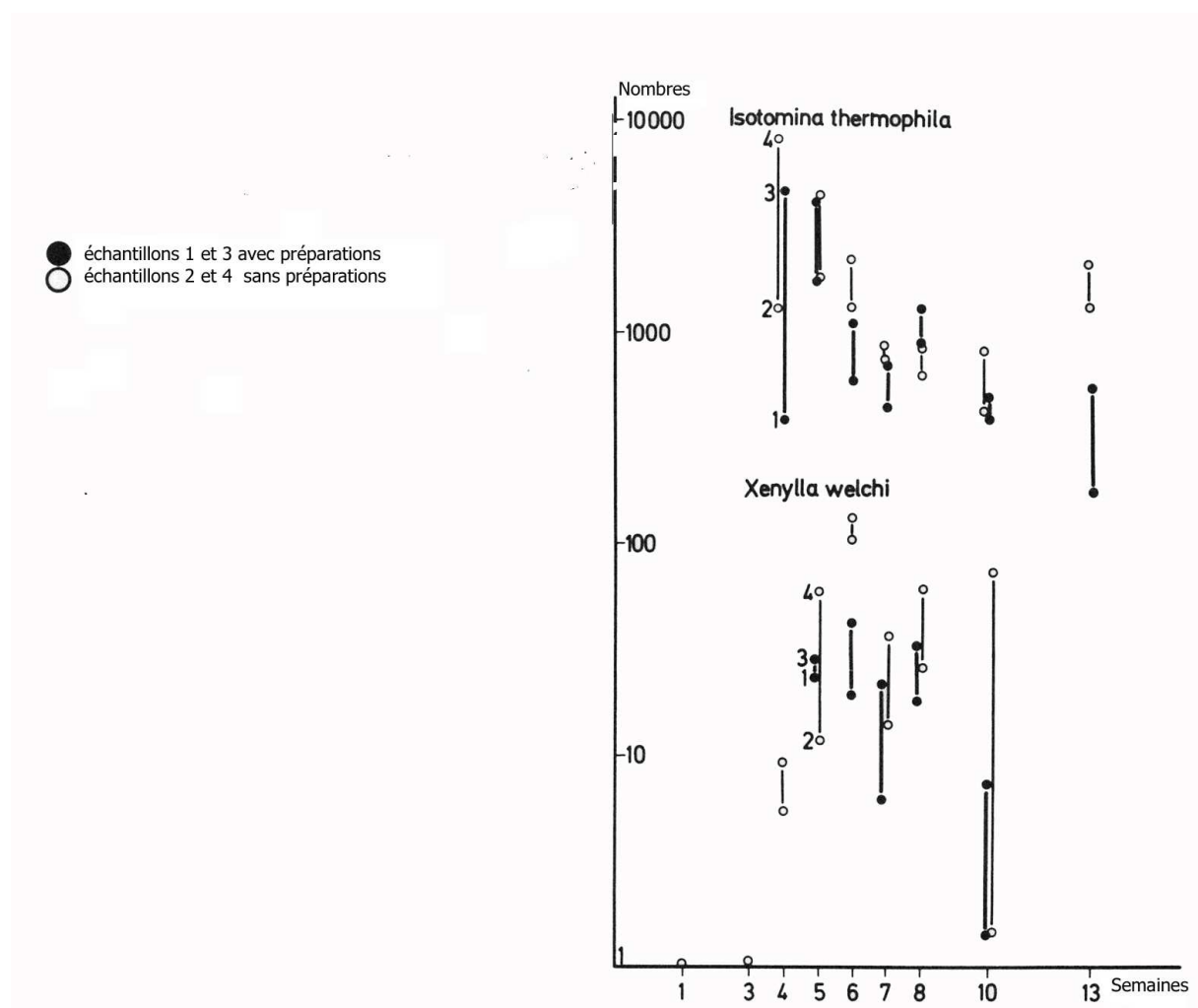


Diagramme 8 : (Expérience 2) Apparition des deux espèces les plus fréquentes (*Isotomina thermophila* et *Xenylla welchi*). Les traits verticaux relient les résultats chiffrés d'échantillons de même type.

L'activité du gaz carbonique (diagramme 6) qui était très élevée à la fin de la première semaine a fortement baissé au bout de 3 et 4 semaines. Dans cette période, les premières espèces de collemboles apparaissent déjà en très grand nombre. Après une nouvelle augmentation de l'activité du gaz carbonique (5^{ème} semaine), d'autres espèces de collemboles s'ajoutent aux premières au cours de la sixième semaine. Une troisième augmentation, apparemment déclenchée par les conditions extérieures, suit avec l'augmentation de la température de l'air en été.

Ces expériences ont également montré comment les différentes espèces entretiennent entre elles un rapport numérique caractéristique et comment elles se succèdent les unes aux autres de manière particulière dans le temps (diagrammes 7a et 7b).

En comparant les populations de collemboles dans les tas avec et dans les tas sans préparations, on a remarqué cette fois-ci un plus grand nombre d'individus dans les tas sans préparations (voir diagramme 8).

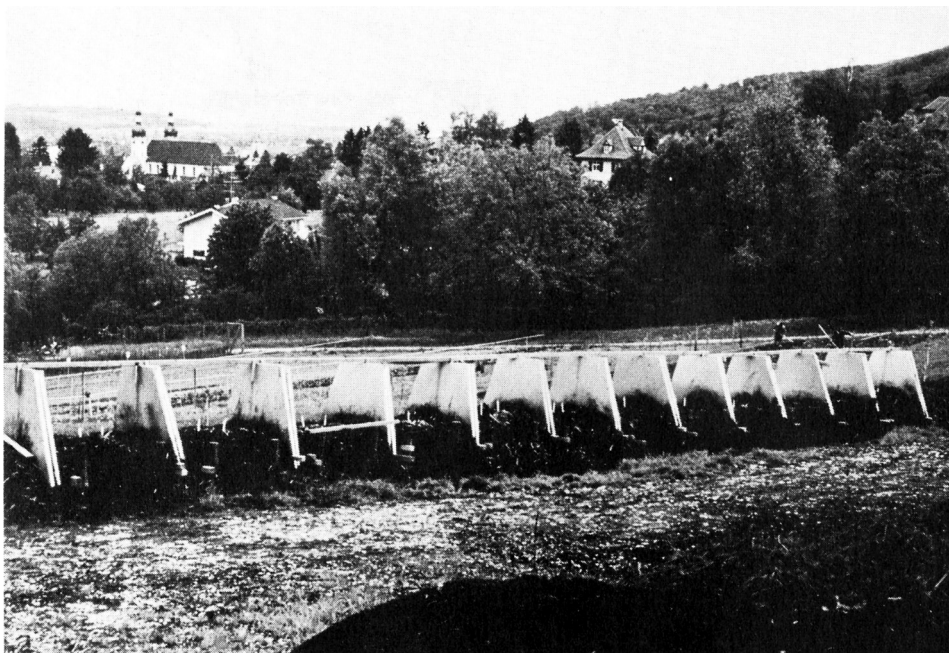


Illustration 3 : vue d'ensemble sur les 12 tas de l'expérience 3

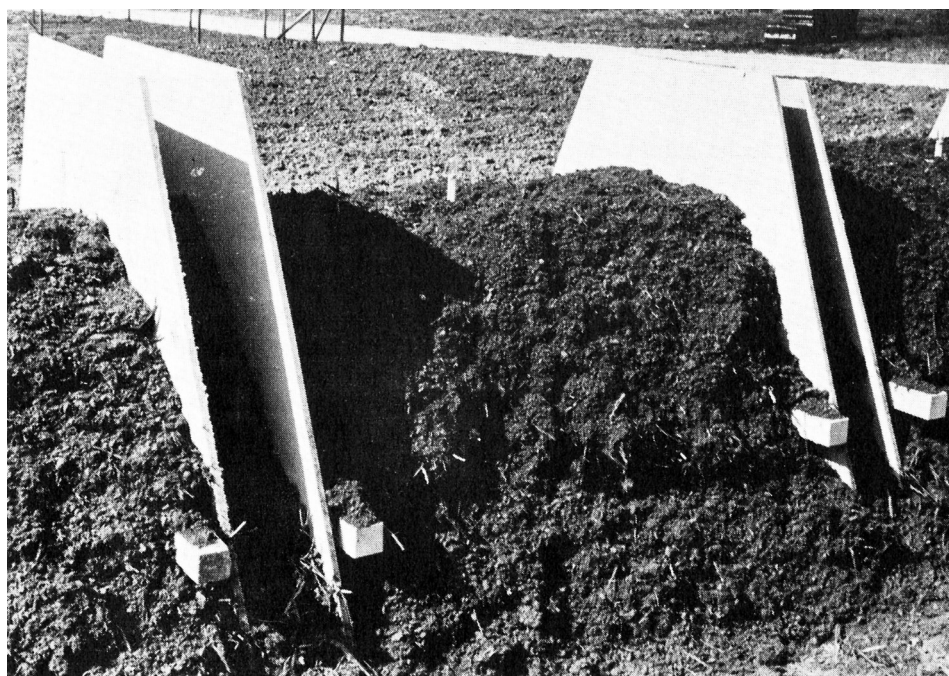


Illustration 4 : tas fraîchement mis en place de l'expérience 3

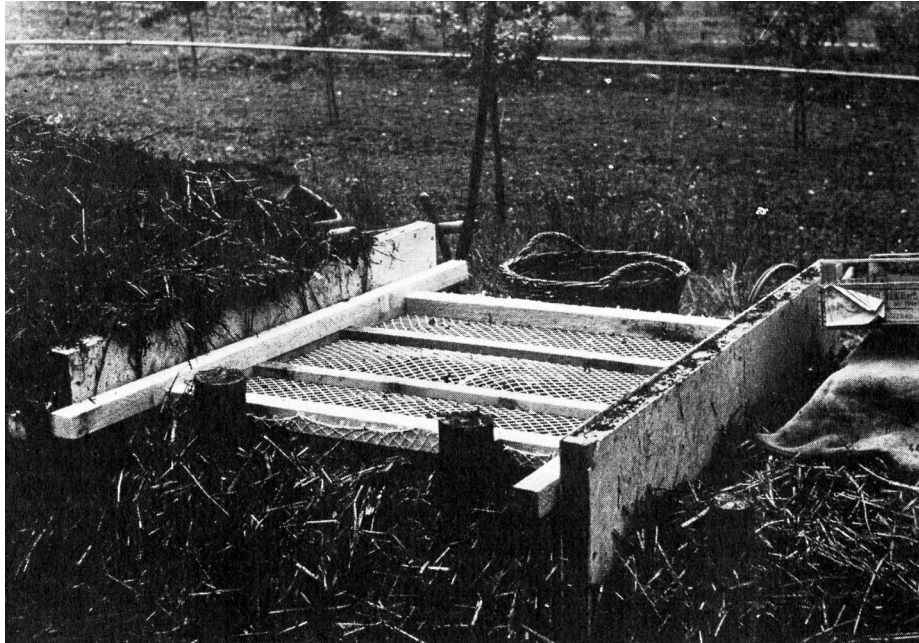


Illustration 5 : Expérience 4. Cadre avec filet de nylon au milieu du tas.

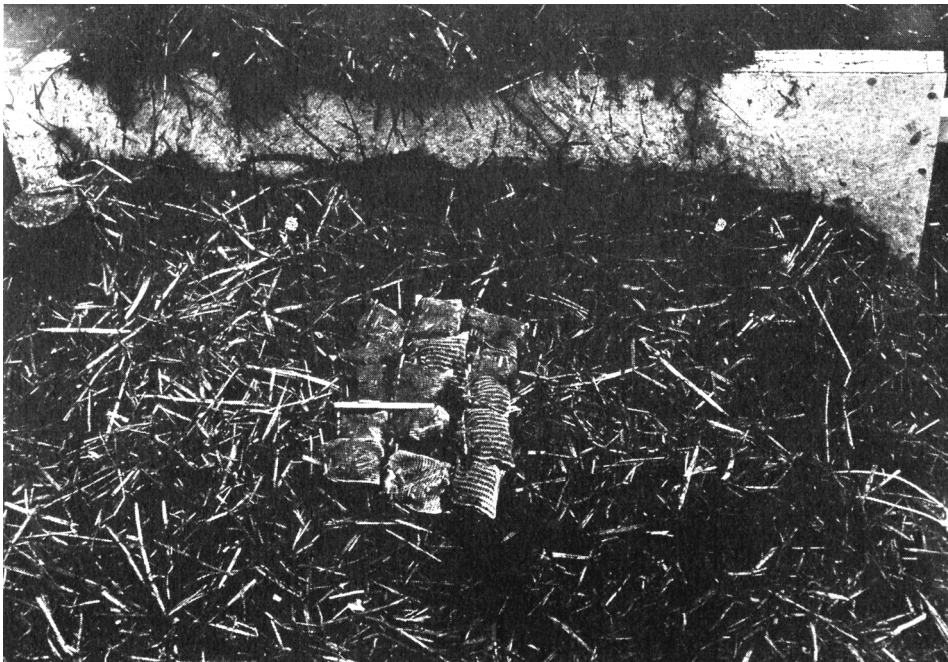


Illustration 6 : Expérience 4. Sachets en nylon contenant les échantillons du milieu du tas à prélever plus tard.

Nous décrivons ci-dessous de manière détaillée la méthodologie des expériences 3 et 4 dont les résultats seront ensuite décrits plus précisément :

12 tas avec une surface au sol de 1,10 x 1,50m ont été alignés de manière à former une rangée orientée nord-sud (illustration 3). Les tas étaient délimités par deux plaques de fibres de bois (plaques en éternit dans l'expérience 4) entre lesquelles un espace d'environ 10cm de large était rempli de tourbe.(Illustration 4) Nous avons mesuré la température à 15cm et à 45cm de profondeur chaque jour à 8h et à 1h pour pouvoir enregistrer les variations quotidiennes. Par ailleurs, un petit thermomètre-maximum a été disposé à l'intérieur du tas (au milieu) ; la température a été mesurée à chaque prélèvement d'échantillon.

Pour perturber le moins possible le processus de décomposition au cours des prélèvements d'échantillons, nous avons fabriqué de solides cadres en bois du format de la surface de base du tas sur lesquels nous avons tendu un filet de nylon à larges mailles. Au cours de l'édification du tas, nous avons disposé ce cadre horizontalement au milieu du tas (illustration 5). Ce dispositif nous a permis de soulever la moitié supérieure du tas à tout moment sans en perturber la structure. Les échantillons à prélever plus tard composés de matériau le plus homogène possible et de paille hachée ont été mis dans des sachets de filets de nylon à mailles serrées, pesés (100g) et placés au centre du tas (illustration 6). En plus des échantillons préparés dans les sachets, nous avons chaque fois prélevé directement un échantillon du tas pour comparaison : les deux sortes d'échantillons ont été analysées de la même manière. À chaque prélèvement, nous avons donc 24 échantillons à examiner en même temps. Nous avons d'abord pesé les échantillons, puis nous les avons mis dans des appareils de Berlèse spécialement mis au point pour ces expériences (voir illustration 2). Chaque appareil était isolé de l'extérieur par une cloche en verre. Pendant que l'on collectait dans un récipient les petits animaux du sol fuyant la lumière de la lampe électrique, le gaz carbonique et l'ammoniac de l'espace clos se fixaient dans deux coupelles l'une contenant de l'acide borique et l'autre de la potasse. On titrait ensuite la teneur en CO₂ et en ammoniac au bout de 24h. On pesait à nouveau les échantillons desséchés et l'on réservait une partie pour d'autres analyses.

Nous avons mesuré :

L'azote total, l'azote organique, l'azote des nitrates, la perte de chaleur, le rapport carbone/azote (=C/N).

Des recherches en parallèle avec les méthodes qualitatives (morphochromatographie, cristallisation sensible, ...) n'ont malheureusement pas pu être exploitées. On a conservé le reste des échantillons pour pouvoir ensuite comparer l'état de tous les échantillons.

3.2 Résultats des expériences 3 et 4

EXPERIENCE 3 (17.4-25.10.1967)

Nous avons séparé les 12 tas en 3 groupes. Nous avons chaque fois préparé 4 tas de la même manière : 2 d'entre eux ont reçu les 6 préparations biodynamiques et les 2 autres sont restés sans préparations.

3 remorques de fumier de vache le plus frais possible ont servi de matière première. Ce fumier a été bien mélangé et on y a ajouté 10 % de terreau pour tous les tas. En plus, on a mélangé 10 % de tourbe pour les tas tassés et arrosés, le groupe II est resté dans l'état d'origine. De ce fait, les tas avaient des hauteurs différentes :

non tassé, non arrosé : 85-90cm

tassé et arrosé : 70-75cm

Le matériau de la couche du milieu sous le cadre destiné au prélèvement d'échantillons était particulièrement bien mélangé et identique dans tous les tas. Cette couche contenait seulement les 10 % de terreau et pas de tourbe.

Finalement nous avons recouvert tous les tas d'une fine couche de tourbe et nous avons mis les préparations de manière à ce que la substance de préparations ne se trouve pas dans la couche servant au prélèvement des échantillons.

Prélèvements échantillons :

Avant la mise en place des tas, nous avons prélevé plusieurs échantillons :

- fumier frais à l'arrivée - terreau ajouté - terre de l'emplacement où l'on a disposé les tas (il s'agissait d'une prairie récemment retournée et sur laquelle il n'y avait pas encore eu de tas de compost)
- tourbe (pour le mélange et la couverture des tas).

Nous avons prélevé au total 461 échantillons, répartis de la manière suivante :

- 17.4.1967 matériau de base.....24 échantillons
(18.4.1967 mise en place des tas, 19.4 ajout des préparations.)
- Échantillons du milieu du tas240 échantillons
au bout d'1,2,3,4,5,6,8,10,12,15 semaines (24 chaque semaine)
- Échantillons de la surface.96 échantillons
la 7,9,11 et 14 semaine (24 chaque semaine)
- Échantillons du milieu de la partie la plus profonde (« noyau ») et de la partie supérieure du tas au bout de 16 semaines24 échantillons
- Échantillons des différentes parcelles prélevées en surface et à 10cm de profondeur avant l'épandage du compost (le 19.7) (12 de chaque) 24 échantillons
- Même prélèvements après épandage (le 25.10)
(12 de chaque) 24 échantillons
- Échantillons des champignons supérieurs lors de l'apparition massive des collemboles à la surface.....5 échantillons

EXPERIENCE 4 (25.7.1968-23.4.1969)

L'année suivante nous avons à peu près suivi la même méthodologie expérimentale. Mais cette fois-ci les 12 tas ont été édifiés de la même manière.

Il est apparu plus tard que le processus de décomposition en cette année plus humide ressemblait le plus au groupe de tas I de l'expérience 3 précédente.

Dans chacun des trois groupes (I, II, III,) les différents tas ont été préparés de la manière suivante :

s. : sans préparations

Pr. : avec préparations (achillée mille-feuille, camomille, ortie, écorce de chêne, pissenlit, valériane)

MCO : seulement avec achillée mille-feuille, camomille et ortie

P. : seulement avec pissenlit

On a mis les préparations chaque fois en double à environ 10 cm au-dessus du cadre et environ 10cm en dessous du cadre ; et, à chaque fois, nous avons mis le triple de la quantité normale. Les préparations ont été disposées de la manière habituelle à différents emplacements répartis sur tout le tas.

Les trois tas avec la préparation de pissenlit (4, 8, 12) ont reçu cette préparation deux fois en trois points différents pour que l'influence diffuse de trois côtés.

Au total nous avons prélevé 208 échantillons :

- le 27.4. matériau de base (fumier, vieux terreau ajouté, terre de l'emplacement des tas)16 échantillons
- Le 28.5. tous les tas sont édifiés jusqu'à la mise en place des cadres et sont tassés
- Le 29.5. on termine les tas en ajoutant la moitié supérieure, on tasse et on met les préparations.
- Échantillons du milieu du tas au bout de 2, 4, 7, 10, 13 semaines et après avoir retourné le tas au printemps suivant (23.5.196.....120 échantillons
- Échantillons de la couverture de tourbe et de la couche supérieure au bout de 7 semaines24 échantillons
- Échantillons du « cœur » et de la partie supérieure du tas au bout de 6 semaines24 échantillons
- Échantillons du milieu (de la couche de fumier.....24 échantillons

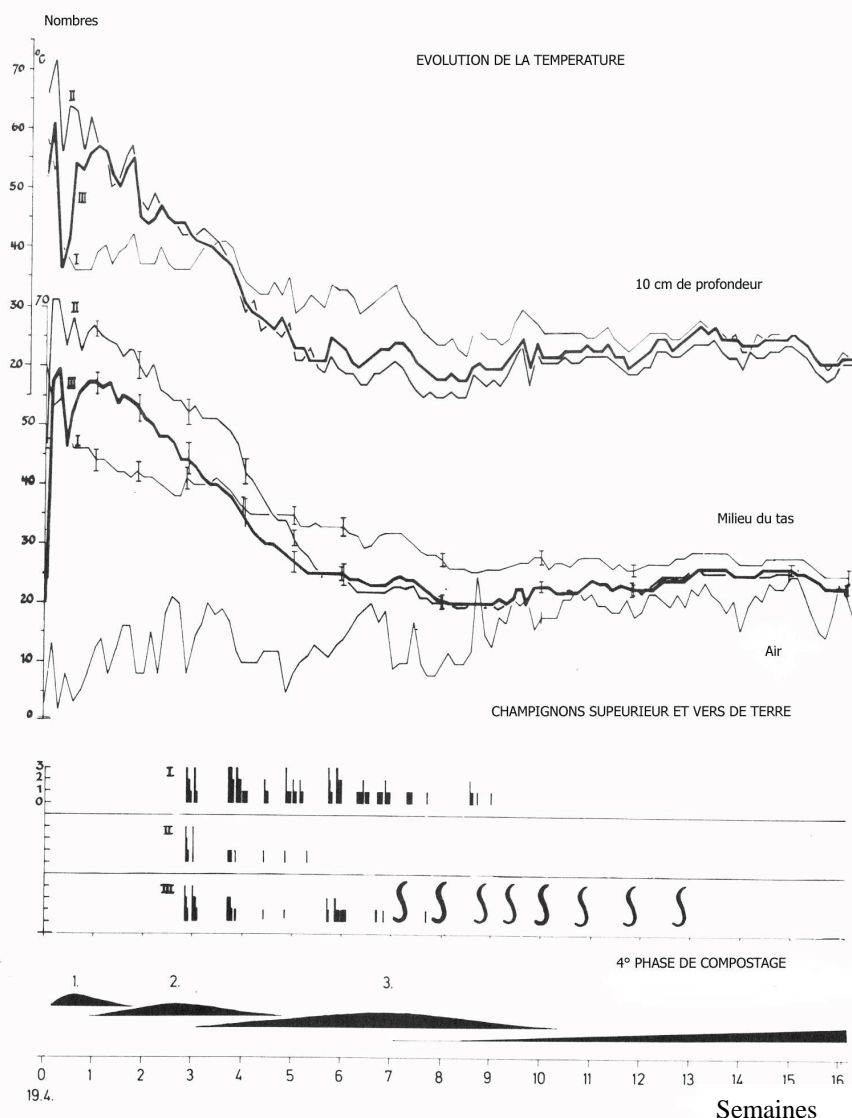


Diagramme 9/10 : (Expérience 3) Évolution de la température. Comparaison des groupes de tas 1-3 à 10cm de profondeur et au milieu du tas (moyenne de 4 tas de même type). Indication également de la dispersion moyenne mesurée au moment du prélèvement des échantillons au centre du tas. Apparition des champignons supérieurs (I) et des vers de fumier (S) dans les échantillons. Sous ces schémas représentation schématique des quatre phases de compostage (voir tableau page 59-60).

3.2.1 Evolution de la température

Expérience 3 (diagramme 9/10)

Les tas se sont échauffés très rapidement après leur édification. Les températures les plus élevées ont été mesurées 2 jours après la mise en place des tas dans le groupe II (max. 73°).

Les variations de température étaient importantes les 3 ou 4 premiers jours. Entre les relevés de 8 h et de 16 h la différence pouvait être supérieure à 10° à 10 cm de profondeur comme dans le milieu du tas. À cette occasion, nous avons remarqué que, contrairement à la température de l'air, les températures à 8 h étaient plus élevées dans les tas qu'à 16h. Les tas avaient donc visiblement un rythme propre. Au bout d'une semaine, ces variations se sont réduites et on ne constatait plus de rythme quotidien d'évolution de température.

Au bout de 5 semaines, les températures étaient descendues au-dessous de 40° dans tous les tas et ont ensuite oscillé pour la plupart entre 20° et 30° jusqu'à la fin au bout de 15 semaines.

Dès le début, chaque tas a présenté une évolution de la température individuelle. Cependant, dans l'ensemble, les différents groupes de tas se distinguaient nettement les uns des autres. À l'intérieur des groupes, les tas avec préparations se comportaient autrement que les tas sans préparation.

Le groupe de tas I (tassé humide) présentait en moyenne les températures maximales les moins élevées. La cinquième semaine, le rapport avec les deux autres groupes s'est inversé. La température moyenne est ensuite restée nettement plus élevée que dans les autres groupes jusqu'à la fin.

Groupe de tas II (aéré sec). Dans ce groupe, on a mesuré au début les températures les plus élevées et ensuite les températures les plus faibles.

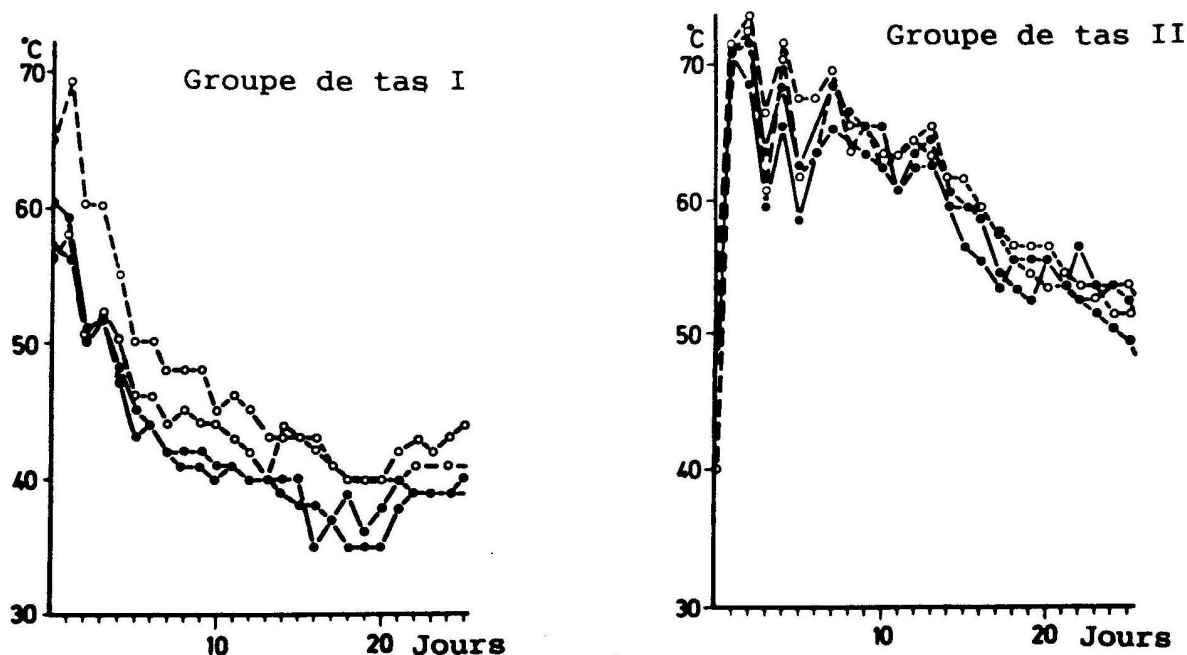


Diagramme 11 a-c : (Expérience 3) Evolution de la température, durant les 25 premiers jours, dans les groupes de tas 1, 2 et 3. ● avec préparations (tas 1 et 2), ○ sans préparations (tas 3 et 4).

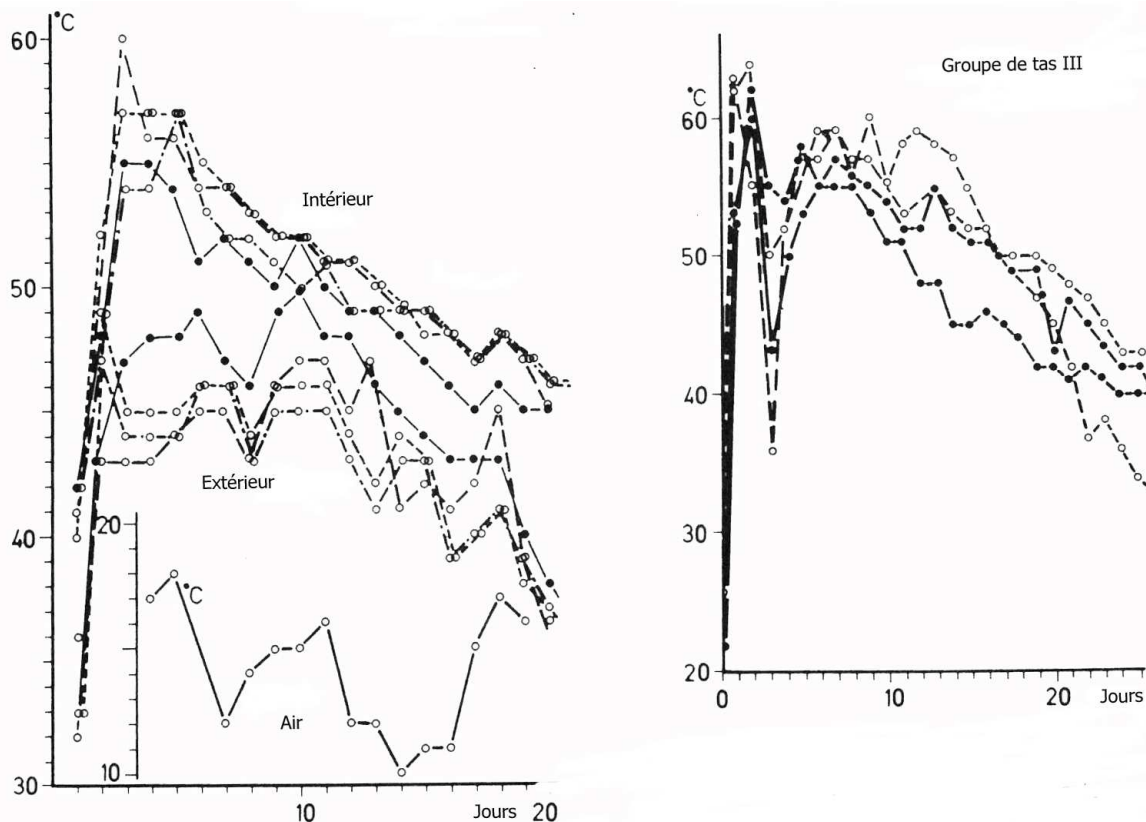


Diagramme 12 : (Expérience 4) Evolution de la température pendant les 20 premiers jours. Moyennes de 3 groupes de tas à chaque fois.

- — Tas 2, 6, 10 pr. : avec toutes les 6 préparations
- — Tas 1 ; 5, 9 sans préparations pr.
- — tas 3, 7, 11 MCO : avec les préparations achillée millefeuille, camomille et ortie
- - - - - - Tas 4, 8, 12 P : avec préparation de pissenlit intérieur : mesuré au centre du tas, extérieur : mesuré à environ 10cm de profondeur.

Groupe de tas III. À 45 cm de profondeur, les températures sont restées nettement entre les valeurs des groupes I et II pendant les trois premières semaines ; ensuite les valeurs sont restées identiques à celles du groupe II. À 10 cm de profondeur, les températures se sont déjà approchées de celles du groupe II au bout de 2 semaines. Au bout de 6 semaines, les températures sont restées constamment quelques degrés au dessous des valeurs du groupe II pour finalement devenir identiques aux valeurs du groupe I.

Avec préparations – sans préparations (diagramme 11 a-c)

Au début, les températures dans les tas avec préparations étaient en moyenne inférieures à celles des tas non préparés dans tous les groupes. Cet écart s'est encore maintenu longtemps dans la plupart des cas, mais a fini par disparaître. Seulement dans le groupe III, à partir de la 4^{ème} semaine, la température a diminué moins rapidement dans les tas avec préparations de telle sorte que les valeurs des tas sans préparations se sont trouvées par moment inférieures aux valeurs des tas avec préparations. Dans l'ensemble, on peut dire que, dans chaque groupe de tas, l'évolution de la température a toujours été nettement plus harmonieuse dans les tas ayant reçu les préparations.

Expérience 4 :

Cette fois-ci, les tas ne se sont pas autant échauffés que l'année précédente. Les valeurs moyennes ont atteint 60° dans les tas sans préparations et 55° dans les tas avec préparations.

Les tas sans préparations (s) ont présenté les variations les plus importantes, tant au milieu du tas (intérieur) qu'à 10 cm de profondeur (extérieur). Les valeurs des deux mesures présentaient surtout au début l'écart le plus important.

Les tas ayant reçu toutes les préparations avaient par contre une évolution harmonieuse de la température : (a) échauffement du début plus réduit et plus lent et plus tard refroidissement plus lent. (b) Les températures du milieu de tas et à 10 cm de profondeur étaient les plus proches, surtout durant le premier mois. Dans la plupart des cas, les températures des tas n'ayant reçu que quelques préparations (MCO et p) étaient également proches les unes des autres. Au début, les valeurs relevées dans ces tas étaient semblables aux valeurs des tas sans préparations. Les tas p présentaient un premier échauffement plus important et plus rapide que les tas MCO. Ensuite, les températures de ces tas se sont approchées de celles des tas avec toutes les préparations.

3.2.2 L'apparition de champignons supérieurs

Expérience 3 (diagramme 10)

Au bout de trois semaines, des champignons supérieurs ont commencé à pousser sur le tas. L'apparition de champignons était importante dans le groupe I et réduite dans le groupe II. C'est également dans ce dernier groupe que les champignons ont disparu les premiers. L'apparition de champignons semble évoluer en parallèle avec l'intensité du rejet d'ammoniac et de l'activité du gaz carbonique (diagramme 13 et 15). On n'a pas remarqué de nette différence entre les tas avec et sans préparations. La dispersion était trop importante pour qu'on puisse remarquer des différences. Dans le groupe III seulement, on a remarqué une apparition assez importante de vers de fumier au bout de 7 semaines.

Expérience 4

Cette fois-ci, l'apparition des champignons a suivi à peu près le même rythme dans tous les tas. Les champignons sont d'abord apparus sur le côté ouest des tas et seulement ensuite sur le côté est. L'apparition des champignons était en général un peu plus intensive dans les tas avec toutes les préparations et dans les tas MCO que dans les tas sans préparations et les tas P. Les notes sont malheureusement incomplètes.

3.2.3 Aspect des échantillons

Expérience 3

On peut bien suivre l'évolution du processus de décomposition à la coloration, à la lente disparition de la paille et à la transformation de l'odeur. L'aspect de la couche de tourbe s'est à peine modifié au cours de l'expérience.

La décomposition s'est déroulée de manière similaire dans la couche supérieure de tous les tas. Les échantillons prélevés au milieu des tas des groupes I et III la dernière semaine avaient déjà un aspect très terreux et noirâtre alors que les échantillons du groupe II contenaient encore la paille et avaient encore une coloration brunâtre.

En ouvrant les tas le 2.8. (au bout de 15 semaines) nous avons remarqué que la base du centre (cœur) des tas du groupe II était aussi décomposés que le reste du tas.

Par contre, dans les groupes I et III, la décomposition était beaucoup moins avancée si bien qu'on pouvait encore reconnaître des brins de paille verdâtres.

Cette zone sentait encore l'ammoniac dans les tas du groupe I. Les tas du groupe III présentaient par contre une odeur de fumier plus ou moins prononcée.

Cinq semaines plus tard, ces différences s'étaient considérablement amoindries dans les restes des tas mélangés. Toute la substance était décomposée et présentait un aspect terreux.

Expérience 4

Dans l'ensemble la décomposition s'est déroulée de manière très semblable dans tous les tas à l'exception d'un des trois tas p dans lequel on pouvait encore reconnaître des brins de paille à la fin de l'expérience.

Les tas voisins de ce même groupe présentaient également un état de décomposition moins avancé. Dans l'ensemble, les échantillons pris directement dans le tas étaient plus décomposés que les échantillons dans les filets plastiques.

3.2.4. Activité du gaz carbonique

Tous les êtres vivants du sol rejettent du gaz carbonique par leur respiration : les bactéries, les champignons, les algues, ainsi que les animaux du sol et les racines des plantes. De plus une réaction abiotique se produit, par exemple à partir des carbonates du sol. Cette réaction est très réduite dans des conditions normales de température (inf. à 60-65°). La grande majorité du CO₂ provient de la vie microbienne, des champignons, bactéries et algues. De ce fait, la mesure du rejet de CO₂ dans l'air dans les échantillons peut être utilisée comme mesure de l'activité des organismes microbiens (« activité du gaz carbonique »). La proportion de gaz carbonique rejeté par les animaux du sol comme les collemboles, les vers de terre, etc., est encore peu connue ; on estime cette valeur très faible, ceci est confirmé par nos expériences.

Expérience 3

La grande majorité des tas ont atteint l'activité du CO₂ maximale (mesuré dans les échantillons du milieu du tas) au bout de 3 à 4 semaines. Durant cette période, on n'a trouvé que peu d'animaux du sol (collemboles) dans les échantillons. Quand ceux-ci sont devenus très nombreux au bout de 6 semaines environ, la production de gaz carbonique avait déjà baissé jusqu'à un niveau assez faible, plus ou moins constant. On a obtenu les valeurs les plus élevées dans les tas fortement mouillés et tassés du groupe I ; les valeurs les plus faibles ont été relevées dans les tas non tassés du groupe II.

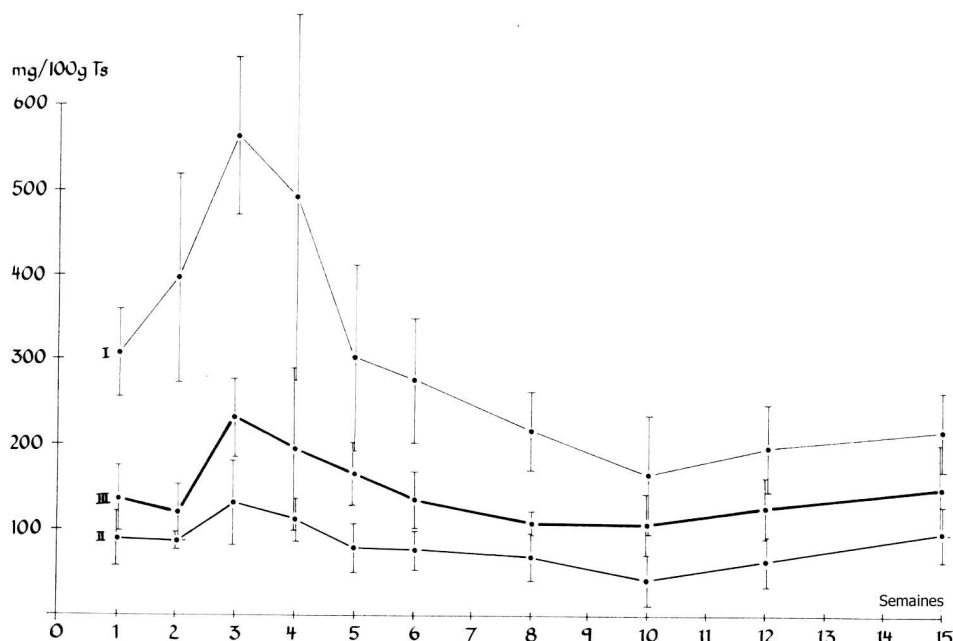


Diagramme 13 : (expérience 3) Rejet de gaz carbonique des échantillons pendant le processus de fermentation, mesure par le rejet de CO₂ sur 24 h. Valeurs moyennes et dispersion moyenne de 4 tas de même type (8 échantillons à chaque fois).

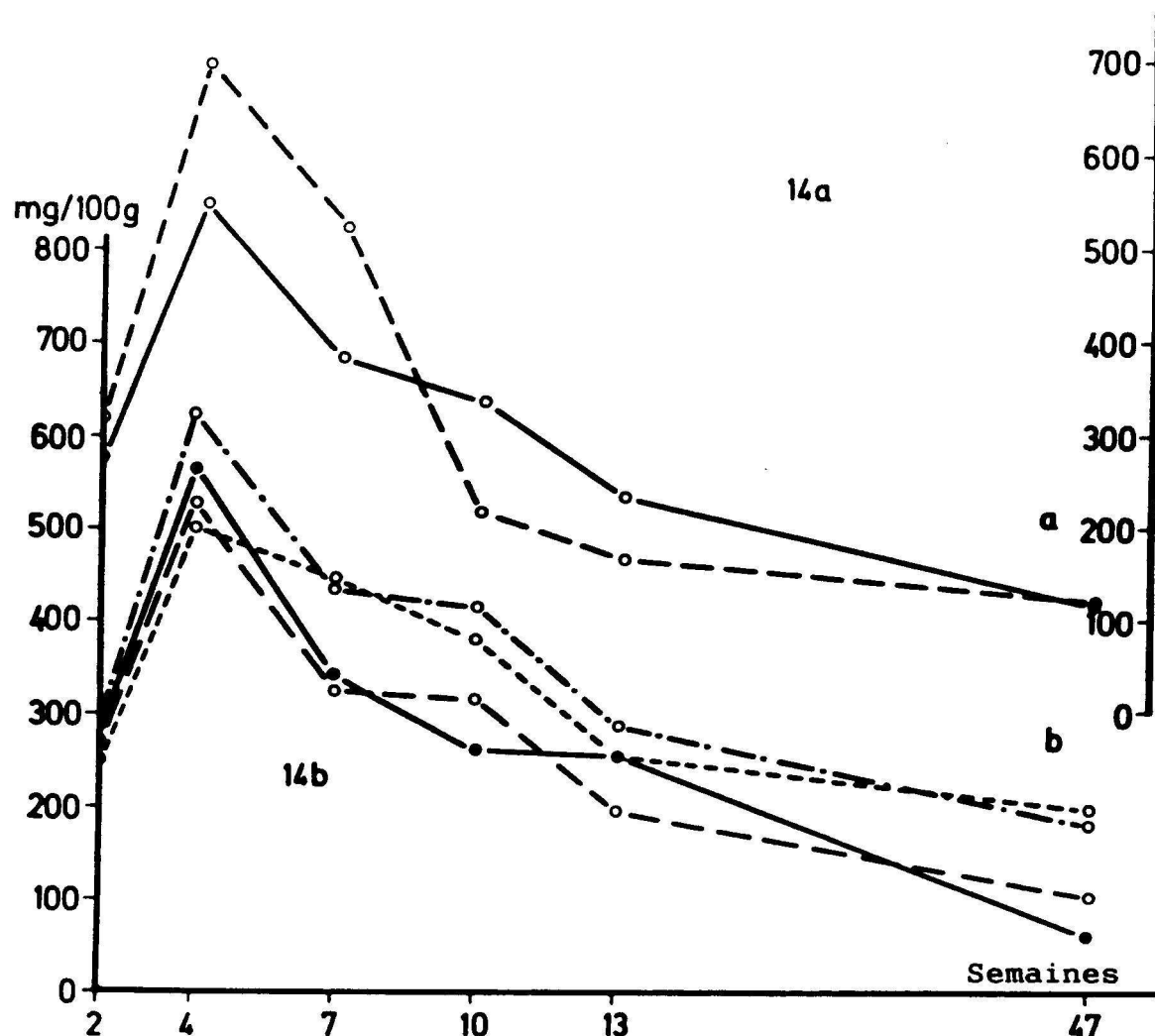


Diagramme 14 a et b : (expérience 4) Activité du gaz carbonique des échantillons durant le processus de fermentation, mesure du rejet de CO₂ sur 24 h.

14a : moyennes de tous les échantillons en sachet (○___) comparées avec les échantillons non-sachetés (○---).

14b : moyennes des groupes de tas 1 et 3 seulement des «échantillons en sachets :

●___pr (avec toutes les préparations), ○___ s pr. (sans préparation), ○__ - __ MCO (avec préparations de millefeuille, camomille et ortie), ○----- P (avec préparation de pissenlit).

On a remarqué ces différences tant dans les échantillons en sachets que dans les échantillons prélevés directement. Dans l'ensemble, les échantillons en sachets présentaient de moins grandes variations. Fait curieux : les valeurs des échantillons prélevés directement dans le groupe I étaient en moyenne sensiblement supérieures à celles des échantillons en sachets. On a remarqué le contraire dans le groupe III.

Les valeurs toujours plus faibles du groupe II étaient à peu près semblables dans les deux sortes d'échantillons (en sachet et prélevé directement).

Les différences les plus importantes entre les tas avec et sans préparations ont été relevées entre la 2^{ème} et la 6^{ème} semaine dans le groupe III. Tant dans les échantillons en sachet que dans les échantillons prélevés directement on a remarqué une augmentation nettement plus importante de l'activité du gaz carbonique dans le tas sans préparations. On a remarqué la même différence, quoiqu'un peu moins nette, dans les tas du groupe I.

Expérience 4

Le dégagement de gaz carbonique dans les échantillons du milieu des tas a suivi à peu près la même évolution dans tous les tas. On a relevé l'augmentation la plus importante de cette activité au bout de trois semaines pour tous les tas. Les valeurs des échantillons en sachets étaient durant cette période toutes plus faibles que celles des échantillons prélevés directement. Vers la fin du processus de compostage entre la 7^{ème} et la 10^{ème} semaine, ce rapport s'est inversé (diagramme 14a).

Entre les différents apports de préparations dans les tas, on ne peut qu'indiquer certaines tendances : la plus importante augmentation de l'activité du gaz carbonique (en moyenne) a été relevée dans les tas MCO. Dans les tas P, le maximum était au début vraiment faible, mais ensuite la diminution a été plus réduite que dans les autres tas (diagramme 14b).

3.2.5. Émission d'ammoniac des échantillons

De l'ammoniac est libéré au cours des premières transformations des protéines végétales et animales.

Les valeurs mesurées ici dans les échantillons du milieu de chaque tas ne sont pas une mesure directe de la perte d'azote des tas mais plutôt, comme l'émission de gaz carbonique, une expression de l'activité des micro-organismes. La formation d'ammoniac indique également des manques temporaires d'oxygène.

Expérience 3 (diagramme 15)

L'émission d'ammoniac atteint déjà au bout de 2 (à 3) semaines son maximum et disparaît ensuite tout à fait au bout de 6 à 7 semaines.

Nous avons trouvé les valeurs les plus élevées dans le groupe de tas I, les valeurs les plus faibles dans le groupe II alors que le groupe III se tenait au milieu.

À nouveau, les valeurs dans les échantillons prélevés directement sont plus élevées pour le groupe I et plus faible pour le groupe III que les valeurs dans les échantillons des sachets. Étant donné que l'on ne sort pas les échantillons des sachets pour les mettre dans l'appareil de Berlèse, les échantillons prélevés directement étaient moins tassés. Les différentes réactions des deux sortes d'échantillons peuvent provenir en partie de cette différence de structure des échantillons. En effet, en vidant le contenu des sachets et en mettant le contenu dans l'appareil de Berlèse, on obtenait des valeurs semblables à celles des échantillons prélevés directement. Mais ceci n'explique cependant pas le rapport inverse de ces réactions entre les groupes I et III.

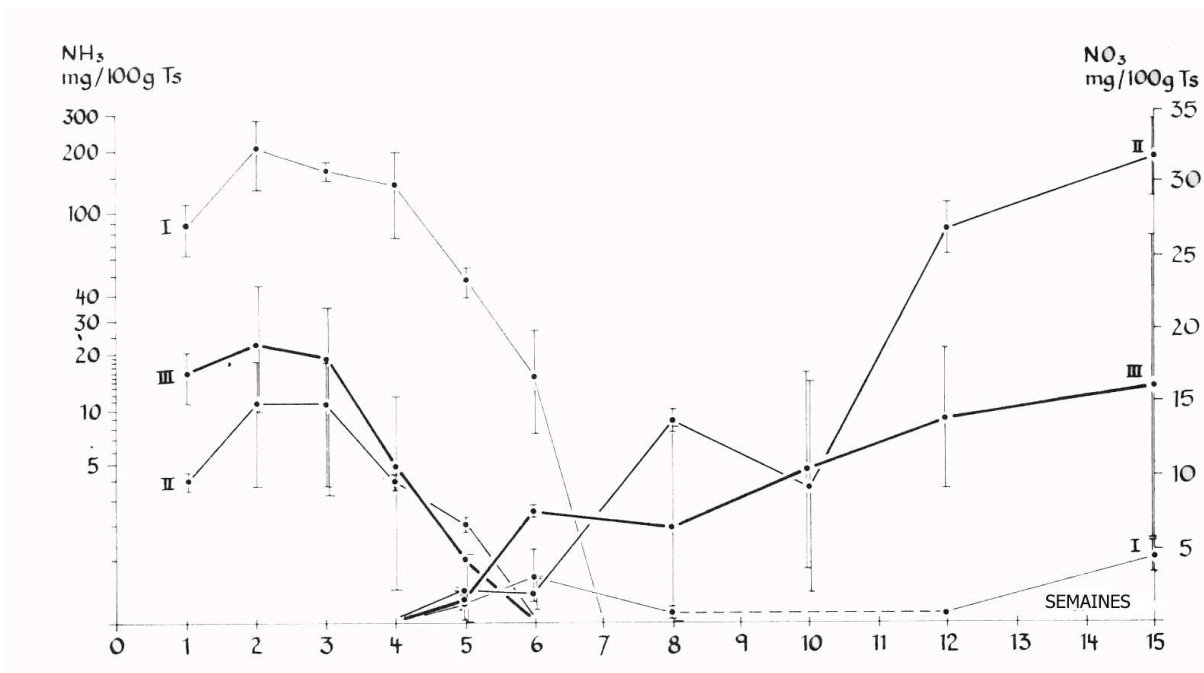


Diagramme 15 : (expérience 3) Rejet d'ammoniac des échantillons pendant 24h à chaque fois et formation de nitrates pendant le processus de fermentation. Moyennes de 8 échantillons à chaque fois et dispersion moyenne de ces valeurs.

Les tas avec préparations du groupe III ont montré dans l'ensemble dans les deux types d'échantillons des dégagements d'ammoniac plus élevés que les tas sans préparations. Dans le groupe I, le rejet d'ammoniac des tas avec préparations était nettement plus élevé pour les échantillons prélevés directement et plus faible pour les échantillons en sachets que dans les tas sans préparations. Ceci indique peut-être des différences qualitatives dans les processus.

Pour les très faibles émissions d'ammoniac du groupe II, on n'a pas remarqué de nette différence entre les tas avec et sans préparations.

Expérience 4 (diagramme 16a et b)

En comparant avec l'année précédente, l'émission d'ammoniac présentait une valeur semblable à celle du groupe I de l'expérience 3 ; cependant le processus s'est poursuivi plus longtemps dans de nombreux tas. Cette fois-ci également, les valeurs des échantillons en sachets étaient dans l'ensemble plus faibles que celles des échantillons prélevés directement (diagramme 16a), bien que nous ayons sorti les échantillons des sachets pour les analyses.

En observant les valeurs moyennes de tous les tas (diagramme 16B) on remarque :

- dans tous les tas avec préparations (pr. ; MCO, P) l'émission d'ammoniac a duré plus longtemps que les tas sans préparations.
- les tas ayant reçu toutes les préparations (pr.) ont présenté les valeurs les plus faibles à la première mesure le 11.6 (2 semaines) ; les tas p ont commencé avec des valeurs un peu plus élevées qui ont encore augmenté d'après la mesure du 25.6 (4 semaines). Les tas MCO ont commencé avec les valeurs les plus élevées. Dans ce cas également, l'émission d'ammoniac a augmenté jusqu'au 25.6.

- les tas sans préparations (s.) présentaient également au début des valeurs élevées qui ont rapidement baissé si bien que le 17.7. on n'a plus déterminé de dégagement d'ammoniac (au bout de 7 semaines).

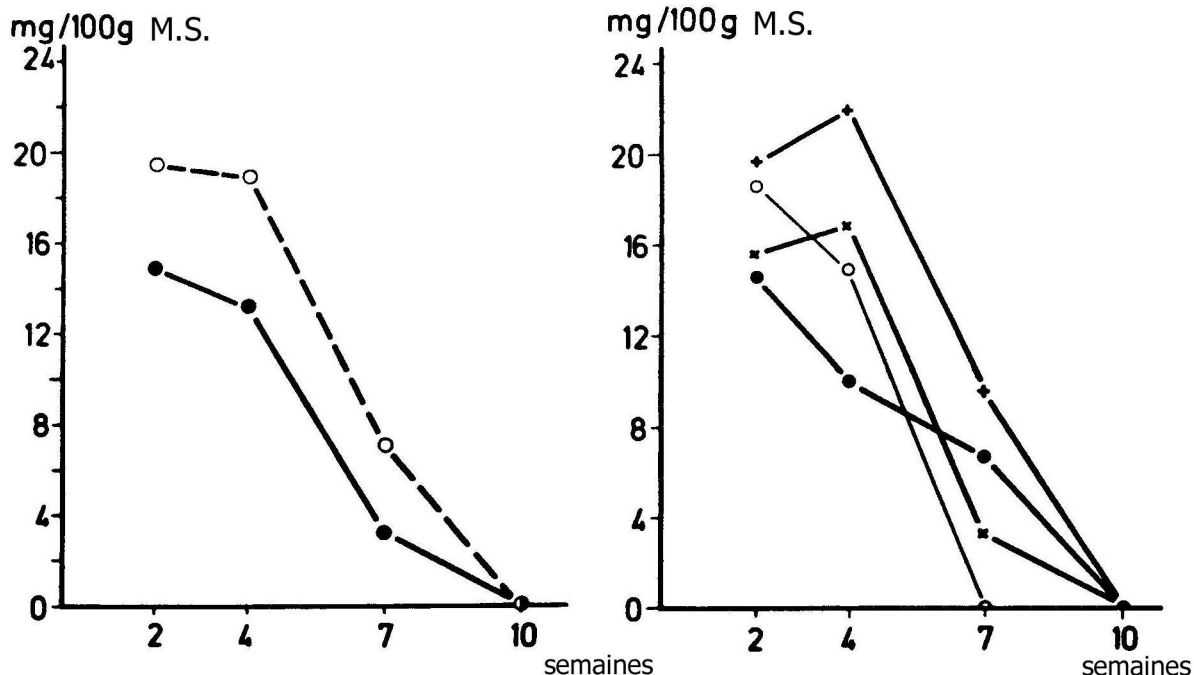


Diagramme 16a et b : (expérience 4) Rejet d'ammoniac des échantillons sur une durée de 24h durant le processus de fermentation.

16a : moyennes des groupes de tas (12 échantillons à chaque fois). ○ échantillons libres, ● échantillons ensachés.

16b : ● pr : avec les 6 préparations ; ○ spr : sans préparation ; + MCO : avec préparations de millefeuille, camomille et ortie, X L : avec préparation de pissenlit.

En comparant les conditions sur toute la rangée de tas, on obtient en gros toujours la même image ; cependant le processus a commencé plus intensivement et a diminué plus rapidement dans les tas orientés vers le sud. Par contre, dans les tas orientés vers le nord, le processus s'est déroulé plus harmonieusement (voir l'aspect des échantillons)

On ne peut pas savoir avec exactitude dans quelle mesure la relation avec l'emplacement (nord-sud) est significative ; il s'agit peut-être de répercussions sur le sol de l'expérience précédente.

3.2.6. Formation de nitrates

Expérience 3 (diagramme 15)

Alors que l'émission d'ammoniac s'est arrêtée partout au bout de 6 à 7 semaines, la formation de nitrates a débuté au bout de 5 semaines. Elle a particulièrement augmenté dans le groupe II qui avait auparavant présenté la plus faible émission d'ammoniac. Par contre, dans le groupe I qui avait le rejet d'ammoniac le plus élevé, elle restera la plus faible.

Dans l'expérience 4, on n'a pas analysé les nitrates.

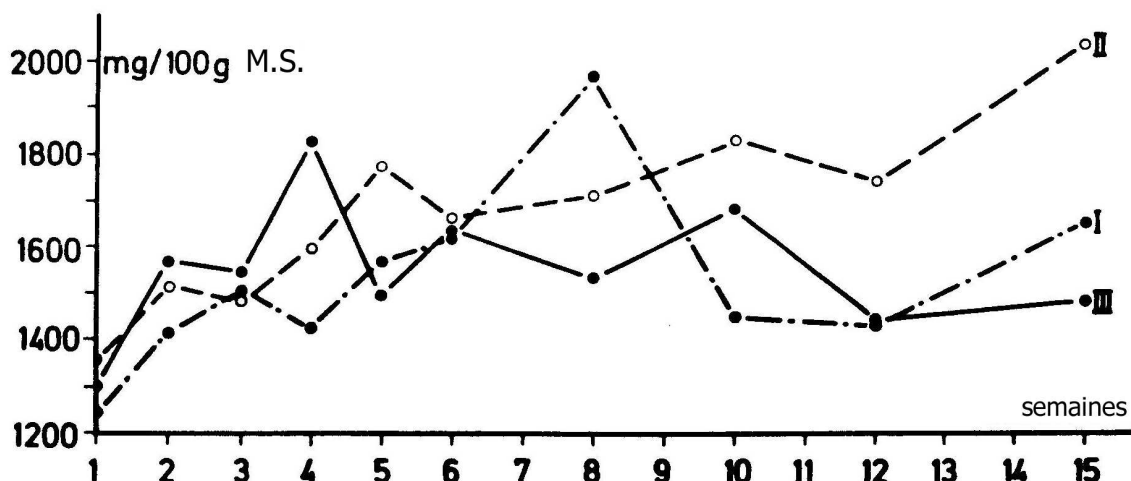


Diagramme 17 : Expérience 3. Modification de l'azote organique dans les échantillons en sachets pendant la fermentation. Moyennes des groupes de tas 1 et 3.

3.2.7. Azote organique

Expérience 3 (diagramme 17)

La quantité d'azote organique a fortement augmenté dans tous les tas jusqu'à la 8^{ème} semaine environ. Ensuite la courbe du groupe II a continué de monter, quoique moins rapidement, jusqu'à la fin de l'expérience alors que les valeurs des deux autres groupes ont diminué de la même manière, de telle sorte que ces deux courbes se sont retrouvées au même niveau à la fin de l'expérience, c'est à dire nettement plus bas que la courbe du groupe II.

À l'intérieur de chaque groupe de tas, on n'a pas remarqué de nettes différences entre les tas avec et sans préparations.

Expérience 4 (diagramme 19)

En comparant les analyses au bout de 2 semaines et au bout de 13 semaines, on observe une nette augmentation de l'azote carbonique. Ensuite, de la 13^{ème} semaine jusqu'au printemps (47 semaines), on observe une légère diminution. Les tas sans préparations ont présenté les plus importantes variations ; les tas P ont présenté la plus grande ressemblance avec les tas sans préparations.

Dans les tas pr. et MCO, les valeurs moyennes étaient un peu plus élevées au bout de 2 semaines, plus faibles au bout de 13 semaines et au printemps suivant à nouveau plus élevées que les valeurs très variables des tas s. L'évolution est donc plus régulière, plus harmonieuse. On observe une tendance vers une plus grande stabilité de la fixation de l'azote.

3.2.8. Rapport carbone-azote (C/N)

Expérience 3 (diagramme 18)

Le rapport C/N a diminué dans tous les tas jusqu'à la 5^{ème} semaine et est ensuite resté à peu près constant.

Dans le groupe I, ce rapport était déjà plus important que dans les autres groupes au bout d'une semaine. À la fin de l'expérience, le rapport C/N était en moyenne de 12 pour le groupe II, de 13 pour le groupe III et de 13,5 pour le groupe I. On n'a pas pu constater de nette différence entre les tas avec et sans préparations.

Expérience 4(diagramme 20)

Le 28.8 (13 semaines) le rapport C/N était le plus faible dans les tas s., le plus élevé dans les tas MCO ; les tas pr. présentaient une valeur intermédiaire, les tas P une valeur un peu plus faible mais encore nettement plus élevée que la valeur moyenne des tass. Après l'hiver (47 semaines), les valeurs des différents tas se sont égalisées ; le C/N des tas s. et p s'est élargi et celui des tas MCO a diminué. Les valeurs dans les tas avec toutes les préparations sont restées plus constantes.

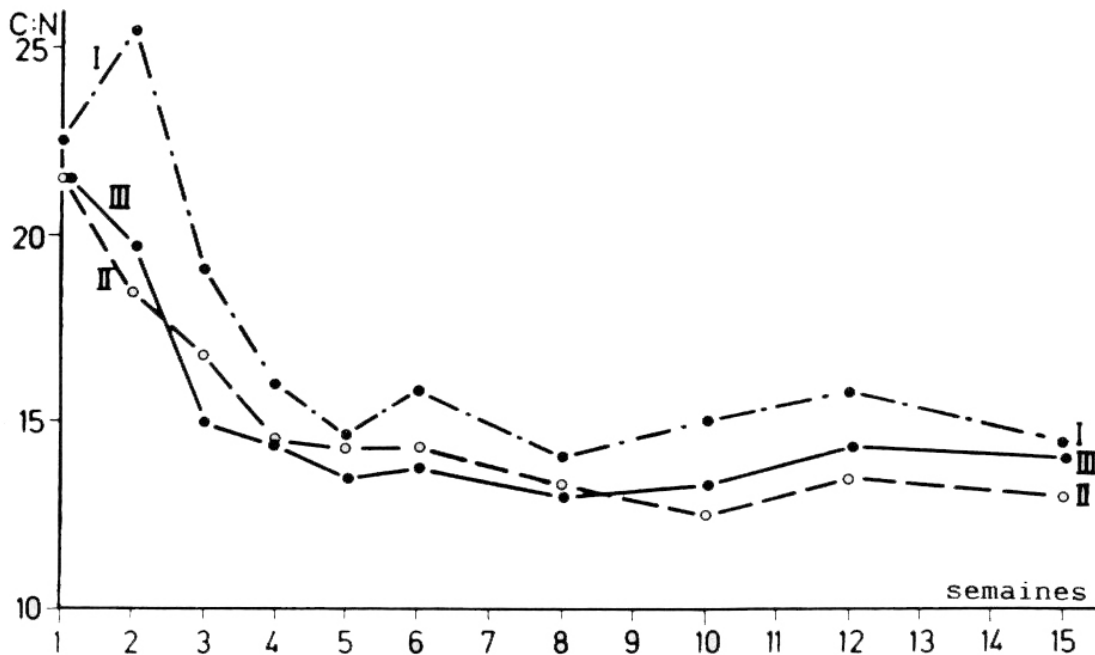


Diagramme 18 : (expérience 3) Modification du rapport C/N pendant la fermentation. Moyenne des tas de même type (1 et 3, échantillons en sachets).

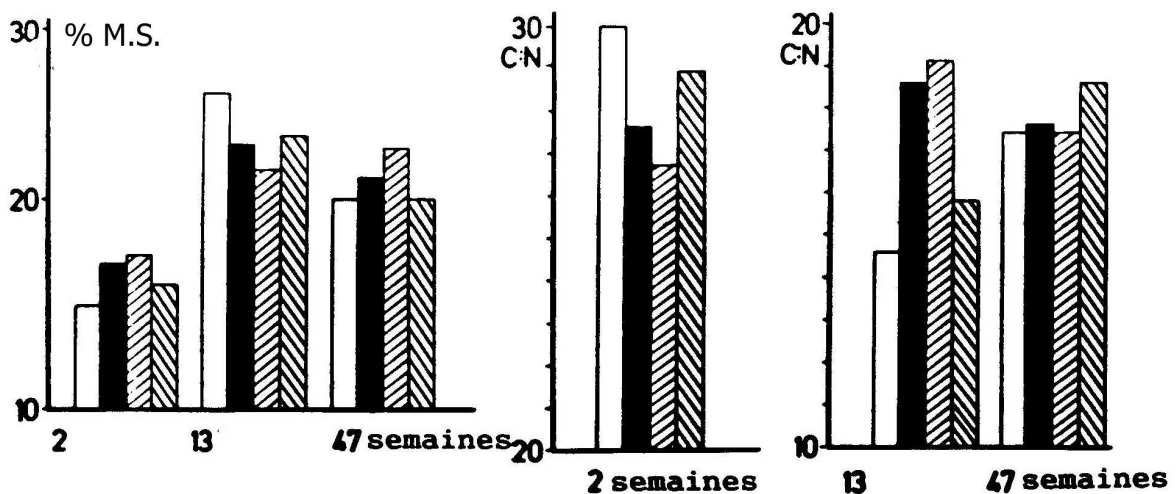


Diagramme 19 : (expérience 4) Azote organique, calculé en % de matière sèche au bout de 2, 13 et 47 semaines (explications, voir diagramme 21).

Diagramme 20 : (expérience 4) Rapport C/N dans les échantillons au bout de 2, 13 et 47 semaines (explications voir diagramme 21).

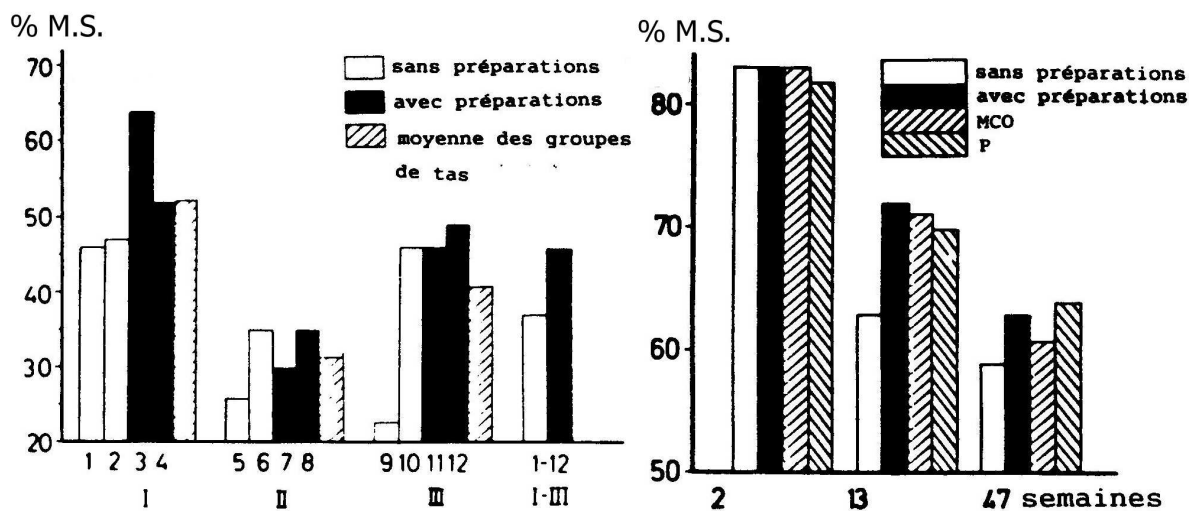


Diagramme 21 : (expérience 3) Pourcentage de matière organique au bout de 15 semaines (perte de substance dans les échantillons en sachets) dans les groupes de tas 1 (tas 1 à 4), 2 (tas 5 à 8), 3 (tas 9 à 12), 1 à 3 moyenne générale (tas 1 à 12).

Diagramme 22 : (expérience 4) Pourcentage de matière organique rapporté à la matière sèche au bout de 2, 13 et 47 semaines (perte de substance).

3.2.9. Perte de substance

Expérience 3 (diagramme 21)

Avec les échantillons en sachets, il a été possible de mesurer la perte de substance (poids sec) par rapport à la substance d'origine. Le diagramme 21 présente la situation au bout de 15 semaines. On voit donc qu'en moyenne les tas du groupe I ont perdu le moins de substances. La perte de substance a été un peu plus importante dans le groupe III et beaucoup plus importante dans le groupe II. Cela signifie que, malgré la teneur en azote apparemment très favorable du groupe II (tas non tassés et plus secs), la quantité finale de fumure est beaucoup plus réduite que dans les autres tas.

D'autre part, on a remarqué qu'en moyenne la perte de substance dans les tas avec préparations était nettement plus réduite que dans les tas sans préparations. On pouvait encore remarquer cette différence au bout de 6 semaines.

Expérience 4 (diagramme 22)

Les valeurs obtenues en pesant les cendres pour connaître le pourcentage de matière organique restant étaient le 28.8 (13 semaines) en moyenne de 7% plus faibles dans les tas s. par rapport aux tas pr., MCO et P.

Après l'hiver (47 semaines), cette perte de substance était encore nettement plus élevée dans les tas sans préparations.

3.2.10 Teneur en eau des échantillons

Expérience 3

Déjà à la fin de la première semaine, la teneur en eau était plus réduite dans le groupe II que dans les autres groupes. À partir de la moitié de l'expérience, cette valeur est restée en moyenne 20 % plus faible dans le groupe II (groupe de tas I et III environ 60 %, groupe de tas II environ 40 %).

Dans l'expérience 4, la teneur en eau était en moyenne de 10 à 20 % supérieure à celle du groupe I de l'année précédente (expérience 3).

3.2.11. Les collemboles

Nous aimerions essayer de représenter le peuplement en collemboles dans les tas de compost de la manière la plus claire et expressive possible. C'est la raison pour laquelle nous avons représenté à la même échelle presque toutes les espèces de collemboles que nous avons observées au cours des expériences ; pour les espèces les plus fréquentes, nous avons joint les diagrammes correspondants de l'expérience 3.

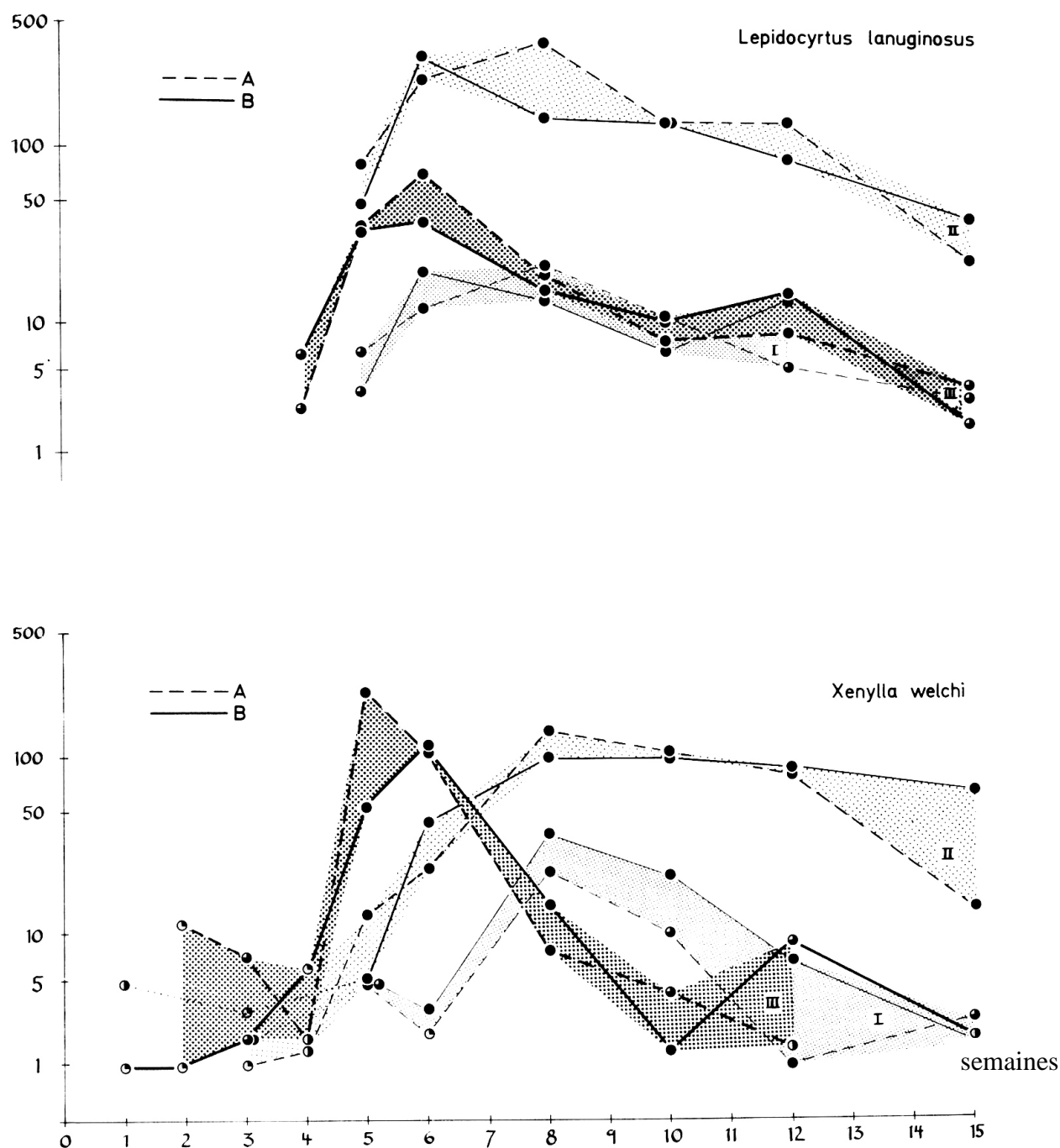


Diagramme 23a et b : (expérience 3) Comparaison des échantillons non-ensachés (B) pour deux espèces de collemboles : *Lepidocyrtus lanuginosus* et *Xenylla welchi*. Moyennes de 4 échantillons à chaque fois. Remarquer que les courbes des groupes de tas 1 – 3 montrent à chaque fois la même progression.

Nous renvoyons le lecteur à l'illustration 7 pour une première approche. Les déterminations des espèces ont été faites pour la plupart d'après H. Gisin (1960) et également d'après A. Palissa (1964). Les **diagrammes 23a et b** de l'expérience 3 montrent, sur l'exemple de 2 espèces fréquentes, que le nombre d'individus dans les échantillons en sachets et celui qui est dans les échantillons prélevés directement sont si semblables que l'on peut déduire de ces deux types d'échantillons le déroulement typique de leur apparition dans les 3 groupes de tas (I - III).

La description des espèces suit dans la plupart des cas l'ordre de leur apparition dans les tas de compost. Cet ordre a été conservé dans la suite de l'exposé.

Comparer :

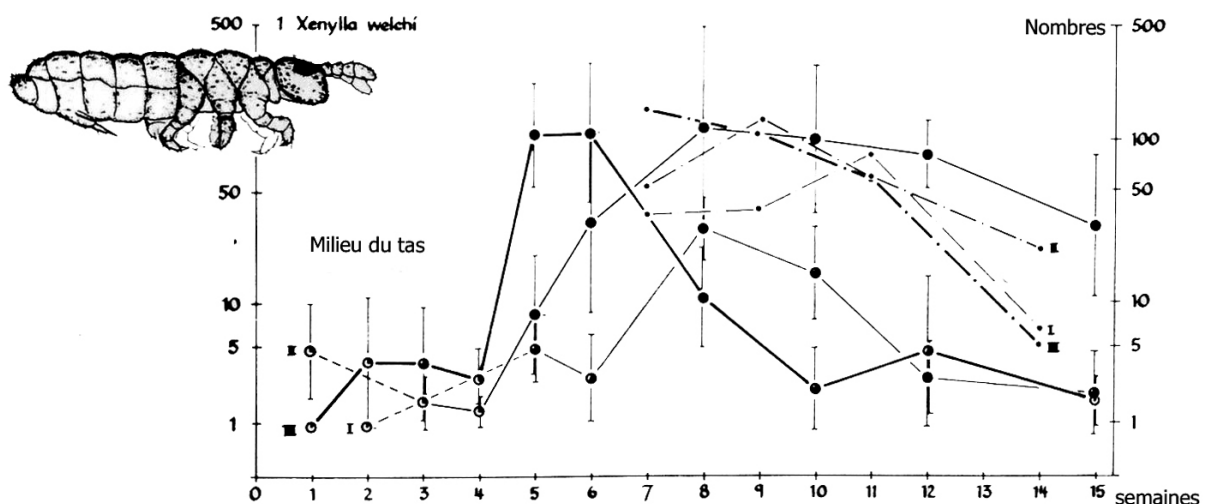
Expérience 1 : diagramme 3a et b

Expérience 2 : diagrammes 7a et b

Expérience 3 : illustration 7

Expérience 4 : diagrammes 25 et 26

Les diagrammes joints aux commentaires et aux illustrations des différentes espèces se rapportent à l'expérience 3 (voir **l'illustration 7**)



C'est un représentant d'une forme intermédiaire du type lourdaud (« vermiforme ») ; cette espèce mesure 0,9 mm de long, est tachée de bleu gris, a des yeux formés de 5 ocelles au lieu de 8. Elle possède des organes masticatoires simples et une furca fortement réduite avec laquelle elle peut cependant bien sauter. D'après Gisin, on la trouve souvent en grande quantité dans la matière organique en fermentation chaude. Nous l'avons trouvée régulièrement dans nos expériences sur le fumier mais jamais en plein champ. Avec quelques exemplaires isolés des espèces *Hypogastura*, elle était déjà présente en assez grande quantité dans le fumier qui venait d'être livré. Dans les tas mis en place, elle s'est à peine multipliée au début. En général, elle n'est apparue en plus grand nombre qu'après la plus forte phase d'échauffement du tas. Dans le milieu des tas, elle a atteint un maximum de densité au bout de 11 semaines dans l'expérience 1, au bout de 6 semaines dans l'expérience 2, au bout de 5 à 8 semaines dans l'expérience 3 et seulement au bout de 10 semaines dans l'expérience 4.

Expérience 3 :

Le diagramme montre que, dans le groupe I où la température est restée la plus basse, *Xenylla Welchii* n'est apparue en plus grand nombre qu'au bout de 5 à 8 semaines et a ensuite rapidement disparue dans le milieu du tas.

Le groupe II a présenté la plus forte et plus rapide augmentation de population jusqu'à, en moyenne, un peu plus de 100 individus par échantillon au milieu du tas ; ensuite la baisse a également été plus rapide dans ce groupe. Le groupe II a atteint les mêmes valeurs mais seulement plus tard (au bout de 8 semaines). La diminution de la densité a été très lente. Dans les échantillons de la couche supérieure prélevés à partir de la 7^{ème} semaine, est apparu un assez grand nombre d'individus qui est resté le plus élevé dans le groupe II. On a relevé environ autant de collemboles de cette espèce dans la couverture de tourbe des tas que dans la couche supérieure du fumier ; on n'a cependant pas remarqué de différence entre les différents groupes.

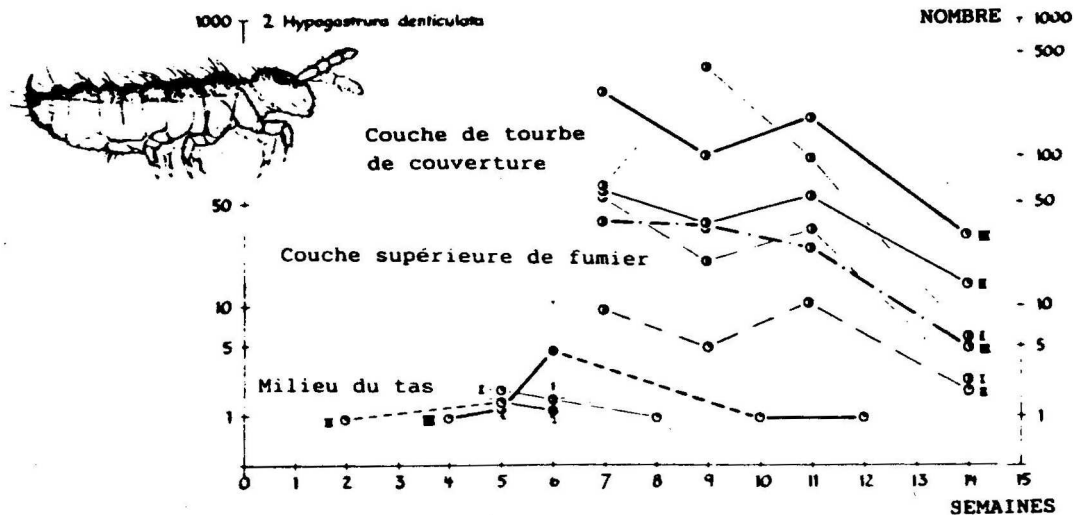
À l'intérieur de chaque groupe, les tas avec et sans préparation ont présenté à peu près la même évolution.

Expérience 4 :

Au bout de 7 semaines seulement, quelques individus sont apparus dans tous les groupes de tas ; Le nombre maximum d'individus a été atteint au bout de 10 semaines.

Les trois espèces d'*Hypogastrura* :

(2) *Hypogastrura denticulata*, (3) *Hypogastrura assimillis*, (4) *Hypogastrura bengtssoni* (la dernière espèce n'est pas illustrée)



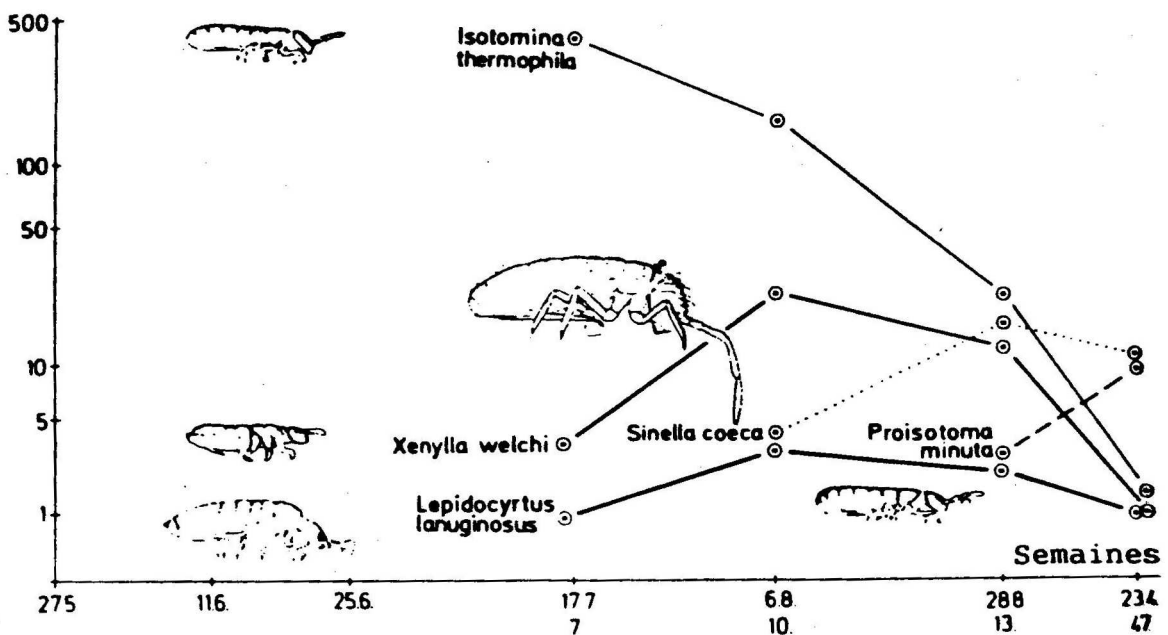
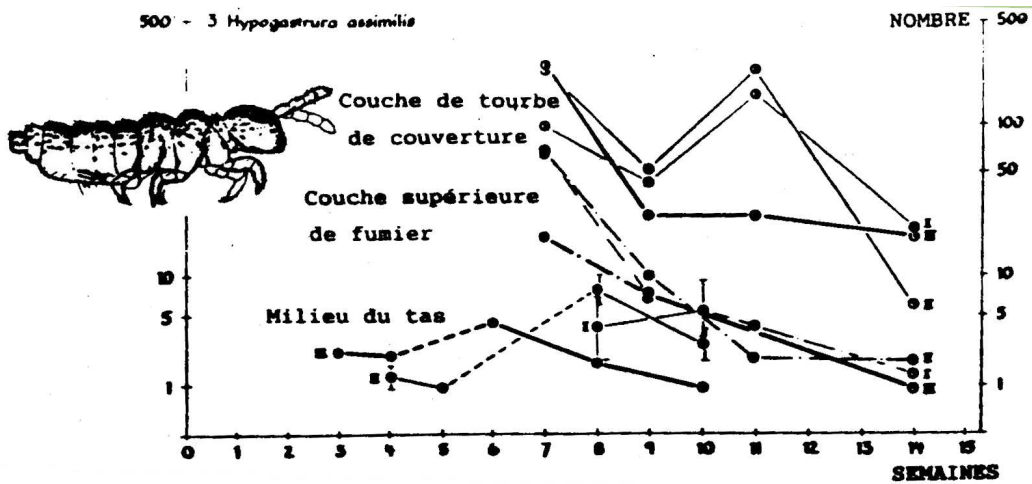
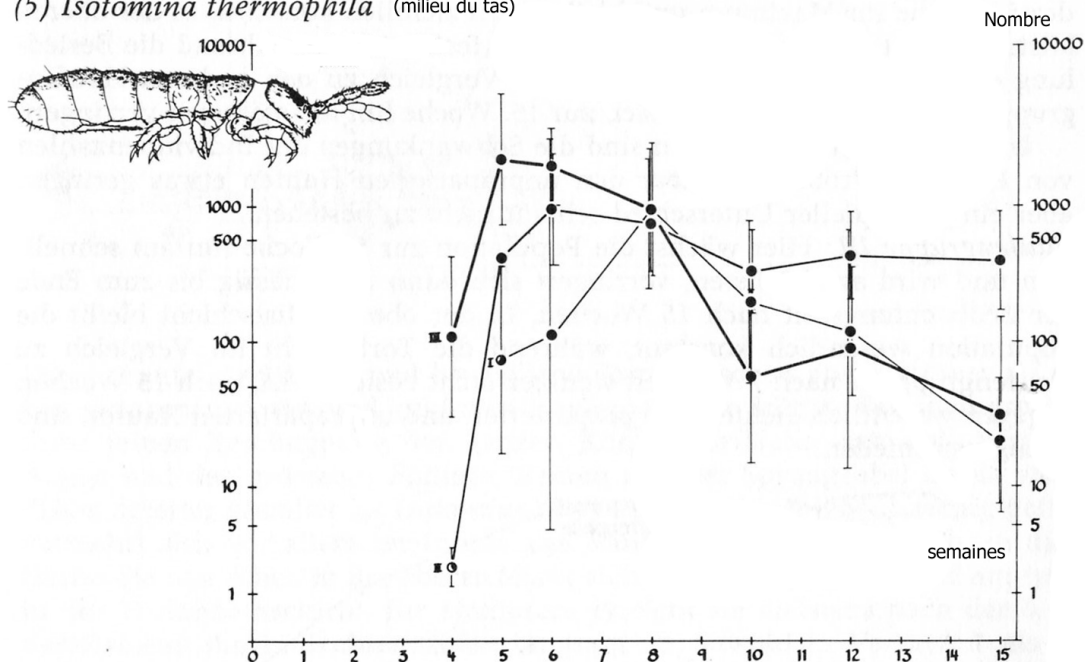


Diagramme 25 : (expérience 4) Succession des 5 espèces les plus fréquentes au bout de 7, 10, 13 et 47 semaines. Reprend les résultats des 24 échantillons prélevés.

Ces trois espèces appartiennent également au type le plus lourdaud ; cependant leurs yeux bien développés et leur forme quelque peu différenciée nous révèlent qu'ils pénètrent moins en profondeur. Dans l'ensemble, elles sont un peu plus grandes que *Xenylla Welchi* (jusqu'à 2 mm). Les 3 espèces sont considérées comme des colonisateurs typiques du fumier animal. Il est précisé pour *Hypogastrura assimilis* et *bengtassoni* qu'on les trouve surtout en hiver dans des matières chaudes en décomposition. Dans l'ensemble, nous n'avons trouvé les 3 espèces dans le milieu des tas qu'isolément (en moyenne jusqu'à 5 exemplaires par échantillon). Par contre, nous les avons trouvées en nettement plus grand nombre dans la couche supérieure du fumier, surtout dans la couche de tourbe de couverture. On peut en déduire que, dans ces couches supérieures, les espèces *Hypogastrura denticulata* et *Hypogastrura assimilis* ont déjà dû se multiplier en très grand nombre avant la 7^{ème} semaine. *Hypogastrura denticulata* a été trouvée en très grand nombre dans les expériences 1 à 3 : par contre, dans l'expérience 4, cette espèce n'a été trouvée qu'à la fin, le printemps suivant. Dans l'expérience 1, on a trouvé *Hypogastrura bengtassoni* en quantité massive. Par contre, dans l'expérience 2, elle était remplacée par *Hypogastrura assimilis*. Dans l'expérience 4, *Hypogastrura assimilis* était présente isolément à l'intérieur du tas, sans présenter de relation avec les différentes préparations des tas. Par contre, cette espèce était déjà prédominante au bout de 5 semaines dans tous les tas avec préparations dans la couche extérieure sur le côté des tas sous la couverture de tourbe.

Par moments, on a trouvé de grandes quantités de collemboles sur les champignons qui avaient poussé sur les tas. Il s'agissait presque uniquement de *Hypogastrura denticulata* ou occasionnellement de *Hypogastrura assimilis*.

(5) *Isotomina thermophila* (milieu du tas)



C'est une forme intermédiaire du type élancé avec une faible pigmentation diffuse et une pilosité ordinaire. Les yeux sont composés de 6 ocelles au lieu de 8. Cette espèce possède de simples organes post-antennaires. Elle est relativement petite et très vive avec des antennes de forme simple et assez courtes et une furca simple et bien développée.

- Elle manquait tout à fait dans l'expérience I.
- Dans l'expérience 2, elle est déjà apparue au bout d'une semaine en assez grand nombre, s'est ensuite multipliée massivement (diagramme 7a) et est ensuite restée jusqu'à la fin de l'expérience l'espèce représentée par le plus grand nombre d'individus.
- Dans l'expérience 3, elle n'était pas présente dans les matériaux d'origine. Elle est apparue dans le milieu du tas au bout de 4 semaines en assez grand nombre. Les maxima étaient de 1000 à 2000 individus restés présents dans presque tous les échantillons, dans le milieu des tas comme dans les couches supérieures avec un nombre maximum d'individus.

Dans le champ, avant l'épandage du compost, elle n'était présente qu'isolément. Après l'épandage, son apparition a été plus fréquente. La densité de la population pouvait être à l'intérieur des tas aussi importante ou plus importante que dans les couches supérieures. Vers la fin de l'expérience, dans la couche de tourbe de couverture, elle s'est amoindrie le plus rapidement (valeur moyenne). Dans l'ensemble, la population est restée la plus dense dans la couche supérieure du fumier.

- Groupe de tas I : la population atteint son maximum dans le milieu des tas seulement la 8^{ème} semaine ; elle diminue ensuite plus rapidement que dans les autres tas. Dans la couche supérieure du fumier, on a également pu constater une diminution de la densité de population entre la 7^{ème} et la 15^{ème} semaine. La

couche de tourbe de couverture est peuplée la 7^{ème} semaine d'une population aussi dense que dans le groupe III et la baisse de densité est plus lente que dans les autres tas. Les tas avec préparations se différencient des tas sans préparations par une population plus régulière et en partie plus dense dans le milieu des tas.

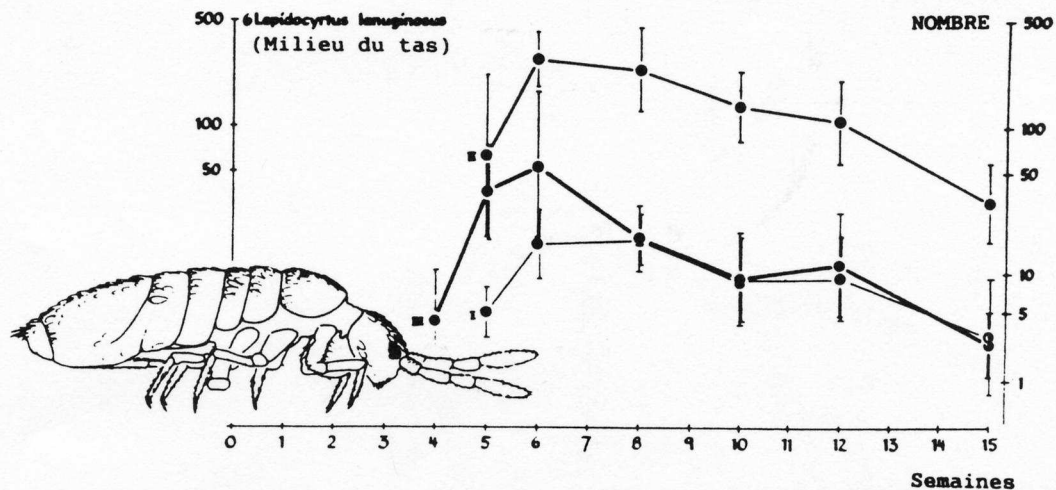
- Groupe de tas II : dans ce groupe la densité de population atteint déjà son maximum au bout de 5 semaines dans la plupart des cas et reste ensuite relativement constante. On constate même une légère augmentation de densité dans la couche supérieure. En comparaison avec les autres groupes de tas, la densité dans la couche de tourbe au bout de 7 semaines est ici plus importante ; cette densité se réduit ensuite le plus fortement jusqu'à la 15^{ème} semaine.

Dans les tas avec préparations, les variations du nombre d'individus d'un échantillon à l'autre sont un peu plus réduites que dans les tas sans préparations, mais il ne semble pas y avoir de différence essentielle.

- Groupe de tas III : dans ce groupe, la population augmente le plus rapidement jusqu'à la 5^{ème} semaine, atteint la densité la plus élevée des trois groupes et se réduit ensuite régulièrement jusqu'à la fin de la période d'observation au bout de 15 semaines. Dans la couche supérieure du fumier, la population reste constante dans l'ensemble alors que la couche de tourbe présente, au bout de 7 semaines, une population moins importante que le groupe II ; par contre, au bout de 15 semaines, la population est nettement plus dense. Les tas avec et sans préparations présentent peu de différences.
- Dans l'expérience 4 (**diagramme 25**) on trouve, au bout de 7 semaines, le nombre d'individus le plus élevé qui diminue ensuite rapidement.

Dans cette expérience, on note les plus nettes différences entre les groupes de tas I à III pourtant traités de la même manière : les tas exposés au sud (I) présentent les plus grands nombres d'individus, les tas exposés au nord (III) les plus réduits. Dans le groupe III, l'augmentation de la population a également été légèrement retardée. Dans les échantillons, on a pu constater une légère augmentation de l'humidité de I vers III. Cette espèce semble être un indicateur d'humidité sensible.

(6) *Lepidocyrtus lanuginosus* (comparer avec le diagramme 23)



Cette forme également élancée et mince est un peu plus grande que l'espèce précédente et fait aussi partie des colonisateurs de première heure. Avec une fine pilosité sur tout le corps, des yeux entièrement développés et d'assez grandes antennes, pattes et furca, cette espèce est nettement plus différenciée qu'*Isotomina thermophila*. Elle est cependant peu colorée. Elle se multiplie surtout à l'intérieur du tas, mais vient aussi à la surface. Déjà dans la couche supérieure du fumier, elle est moins abondante et encore moins dans la couche de tourbe de couverture. Elle atteint l'abondance maximale au bout de la 6^{ème} semaine dans la plupart des cas, ensuite le nombre d'individus diminue lentement. Dans l'expérience 1 comme dans l'expérience 2, elle fait partie des espèces qui apparaissent le plus souvent et en grand nombre dans les échantillons.

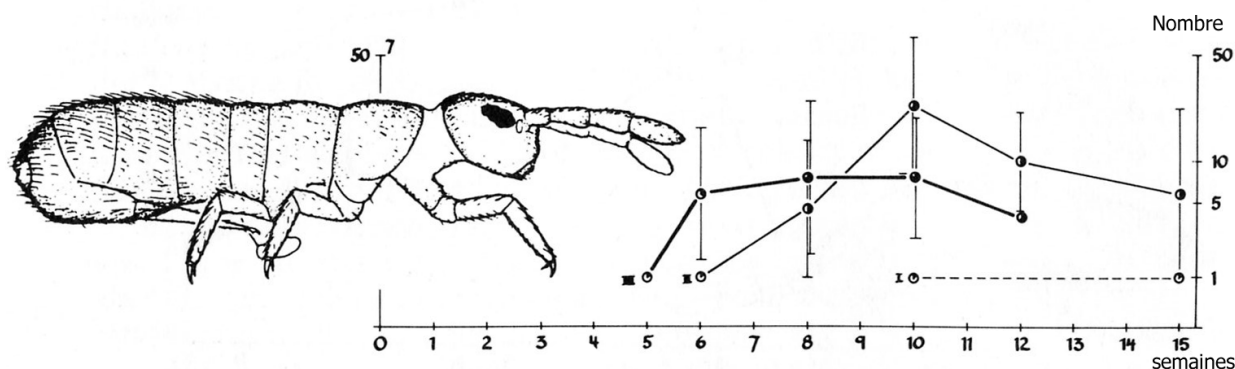
- Expérience 3 : dans le groupe de tas I, cette espèce se développe plus lentement comme l'espèce précédente et le nombre d'individus reste le plus faible en comparaison avec les autres groupes. Toutefois, elle était présente à partir de la 6^{ème} semaine dans tous les échantillons avec un nombre d'individus atteignant parfois 40. Dans le groupe III, l'espèce s'est développée très rapidement au début et en plus grand nombre que dans le groupe I ; cependant la population a ensuite diminué très fortement. La courbe donnant le nombre moyen d'individus au cours de l'évolution de la décomposition dans le groupe II s'écarte très fortement des courbes des 2 autres groupes. Elle atteint un maximum (valeur moyenne) supérieur à 200 individus (groupe I : 15 et groupe III : inférieur à 50).

On ne peut pas constater de différence nette entre les tas avec et sans préparations. Cependant, dans le groupe II, les variations de population sont les plus réduites dans les tas pr.

- Dans l'expérience 4 (**diagramme 25**), l'année suivante, on a trouvé l'espèce isolément au bout de 4 et 7 semaines mais ce n'est qu'au bout de 10 semaines qu'on l'a trouvée en assez grand nombre ; on a relevé le nombre maximum dans un tas sans préparation.

Toutefois le maximum d'individus comptés dans un échantillon n'atteignait que 15 individus. Au bout de 13 semaines, on ne l'a plus trouvée qu'isolément et au printemps suivant, elle avait entièrement disparu des tas pr. et s. alors qu'on a encore trouvé quelques exemplaires dans les 3 tas P et dans un des tas MCO.

(7) *Isotoma maritima* (milieu du tas)

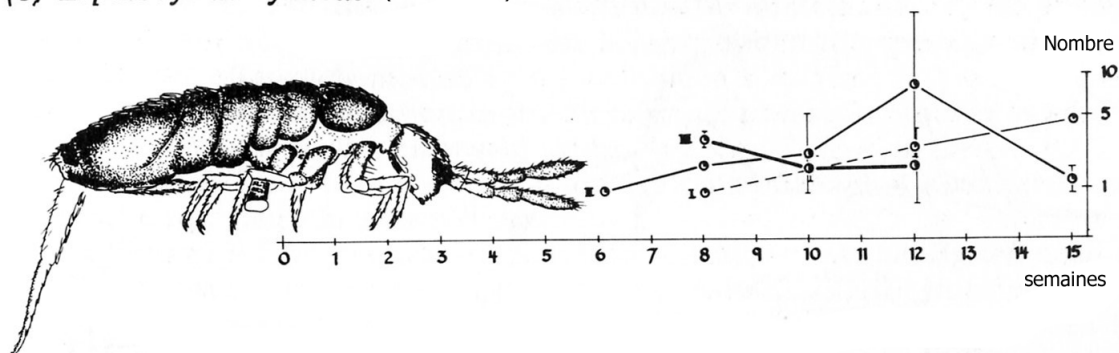


Il s'agit d'une espèce plus grande (jusqu'à 3mm) qui n'avait pas encore été trouvée dans la région. L'espèce est relativement grande, de forme simple, avec une pilosité régulière. Elle possède des yeux bien développés, des antennes, des pattes et une furca de longueur

moyenne et est couverte d'une coloration bleue régulièrement répartie. Elle est apparue régulièrement au cours de nos expériences :

- dans l'expérience 1, elle est déjà apparue très tôt avec une densité de population très élevée qui s'est maintenue assez longtemps.
- dans l'expérience 2, on a trouvé cette espèce une fois tout au début avec environ 20 exemplaires.
- dans l'expérience 3, elle est d'abord apparue dans le groupe III et ensuite dans le groupe II. Dans ce dernier, elle s'est multipliée un peu plus fortement, mais elle n'est pas apparue régulièrement dans tous les groupes. Dans la couche supérieure, elle était assez constante dans les échantillons du groupe II, seulement sporadique dans le groupe III. C'est dans cette couche qu'elle a atteint dans l'ensemble le nombre d'individus le plus élevé. On l'a cependant également trouvée dans la couche de tourbe, surtout entre la 7^{ème} et la 11^{ème} semaine, en assez grand nombre et assez fréquemment. En comparaison avec les échantillons de la 11^{ème} semaine, on ne l'a trouvée après la 14^{ème} semaine que beaucoup plus rarement et surtout dans les échantillons du groupe II.
- dans l'expérience 4, *Istomina maritima* est apparue isolément dans différents tas. On ne l'a trouvée en plus grand nombre dans quelques échantillons qu'à partir de la 13^{ème} semaine. On n'a pas remarqué de différence essentielle entre les tas avec et sans préparations.

(8) *Lepidocyrtus cyaneus* (milieu du tas)



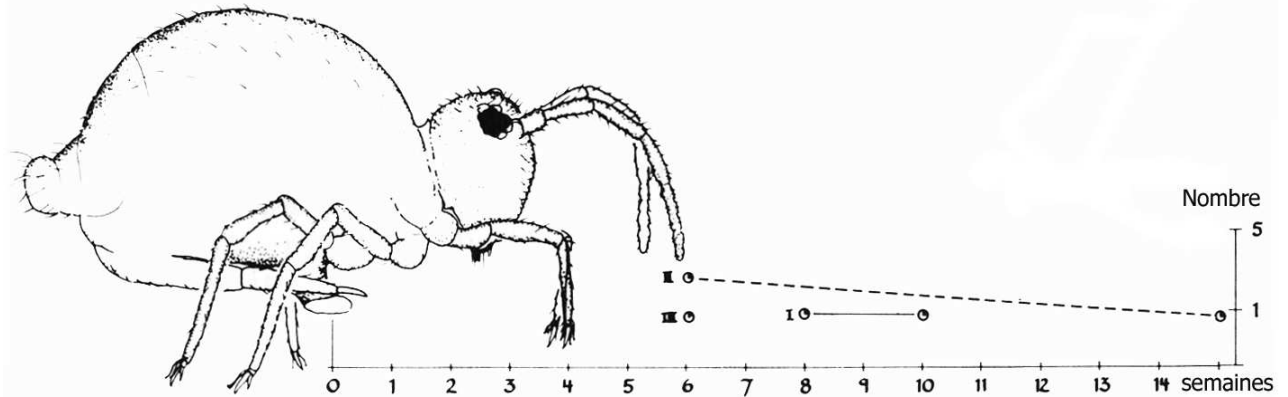
Cette espèce est très semblable à *Lepidocyrtus lanuginosus* par la taille et la forme. En outre, elle a une pigmentation bleu foncé. Il est particulièrement intéressant de comparer ces deux espèces. Comme la coloration très foncée le laisse déjà supposer, cette espèce n'apparaît à l'intérieur du tas qu'en nombre réduit. Elle est déjà plus fréquente dans la couche supérieure de fumier, mais elle atteint sa densité maximale dans la couche de tourbe. Dans l'ensemble, *Lepidocyrtus cyaneus* apparaît un peu plus tard que *Lepidocyrtus lanuginosus*.

- dans l'expérience 1, elle apparaît assez régulièrement au bout de 7 semaines.
- dans l'expérience 2, elle n'apparaît qu'isolément.
- Expérience 3 : dans le groupe I, on ne l'a trouvé que dans 3 échantillons de l'intérieur du tas. Dans la couche de tourbe et dans la couche de fumier, elles présentent dans ce groupe le nombre le plus réduit des 3 groupes. On trouve le plus grand nombre d'individus dans la couche de tourbe de couverture du groupe II (max. 360). On ne l'a trouvée que sporadiquement dans le milieu du tas mais

cependant plus fréquemment que dans les autres groupes. Par contre, le plus grand nombre d'individus dans la couche supérieure de fumier a été déterminé dans le groupe III. On n'a pas noté de différence spécifique entre les tas avec et sans préparations.

- L'année suivante (expérience 4) *Lepidocyrtus cyaneus* n'est apparue que de manière très sporadique dans le milieu des tas.

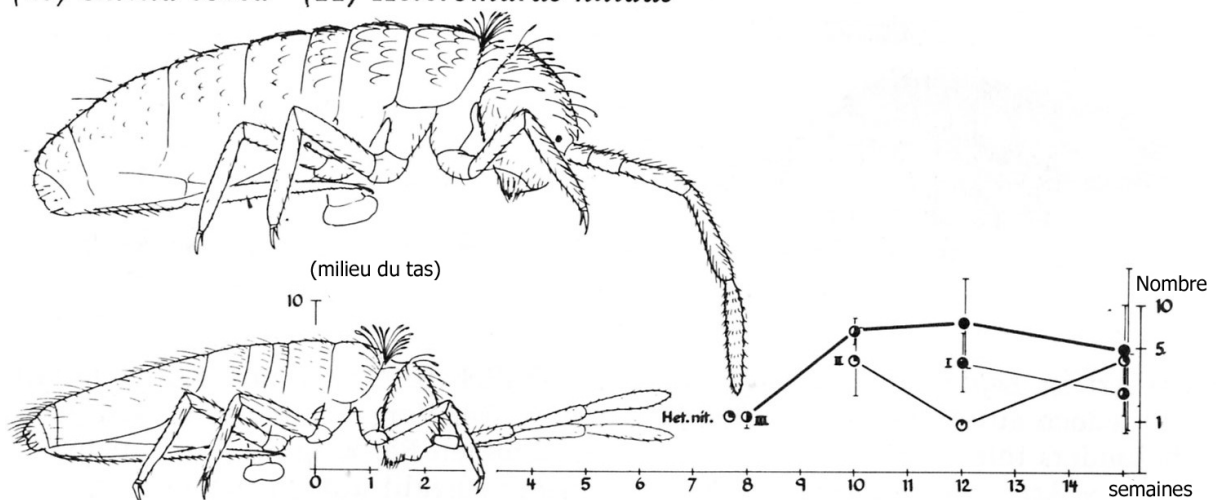
(9) *Bourletiella hortensis* (milieu du tas)



Cette espèce sauteuse et ronde est de forme relativement simple ;

- Dans l'expérience 3, elle est apparue à partir de la 6^{ème} semaine isolément dans le milieu des tas et dans la couche supérieure de fumier ; elle est ensuite apparue beaucoup plus fréquemment entre la 9^{ème} et la 14^{ème} semaines dans la couche de tourbe. On ne l'a presque toujours trouvée qu'en exemplaires isolés. Ce n'est qu'après la 14^{ème} semaine que plusieurs exemplaires sont apparus dans les échantillons de la couche de tourbe du groupe I.
- l'année suivante, au cours de l'expérience 4, on n'a trouvé que 2 individus isolés.
- elle n'a pas du tout été relevée dans les expériences précédentes.

(10) *Sinella coeca* (11) *Heteromurus nitidus*



Ce sont deux formes incolores du type agile avec de très longues pattes, antennes et furca et une pilosité différenciée. *Heteromurus nitidus* est beaucoup plus grande que *Sinella coeca* (3 mm) et a le dos couvert d'écaillés en plus des poils. D'autre part, elle possède 1 à 2 ocelles à la place des yeux alors que *Sinella coeca* est totalement aveugle.

À partir de la 7^{ème} semaine, on a trouvé *Sinella coeca* :

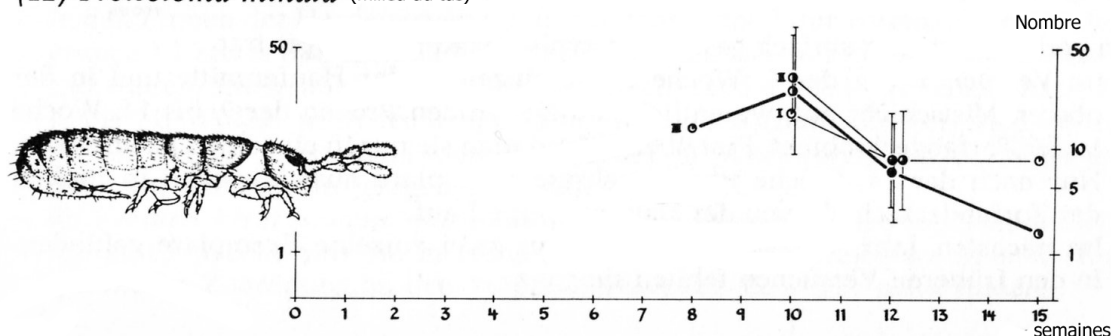
- dans les expériences 1 et 2 en nombre réduit mais constant.
- dans l'expérience 3 fréquemment dans le milieu des tas du groupe III et un peu plus tard aussi dans les groupes II et I. Elle n'était présente dans aucun des échantillons de la couche de tourbe et n'apparaissait que sporadiquement dans la couche supérieure.
- dans l'expérience 4, on a trouvé *Sinella coeca* dans tous les échantillons de la 10^{ème} et la 13^{ème} semaine ainsi que dans les échantillons du printemps suivant. Elle a atteint sa plus grande population en partie à la fin de la 13^{ème} semaine et en partie seulement au printemps suivant. Les plus grands nombre d'individus (en moyenne) ont été trouvés dans les tas MCO et P après la 13^{ème} semaine.

Heteromurus nitidus est apparue :

- dans l'expérience 1 isolément,
- dans l'expérience 2 de manière à peu près constante à partir de la 7^{ème} semaine,
- dans l'expérience 3 on n'a trouvé cette espèce que deux fois dans les échantillons du groupe III, dans le milieu du tas au bout de 8 semaines.

Ces deux espèces font déjà partie d'une phase de colonisation plus tardive des couches profondes (à partir de la 8^{ème} semaine).

(12) *Proisotoma minuta* (milieu du tas)

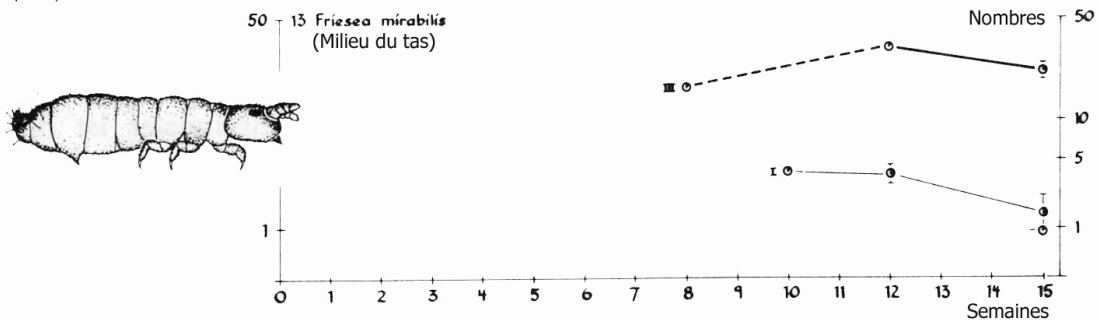


Cette espèce est très semblable au type *Isotomina thermophila*, seulement un peu plus grossière. Elle est considérée comme une espèce vivant dans l'humus et apparaissant souvent en colonies, particulièrement dans les déchets végétaux riches en azote.

- Dans l'expérience 1 on l'a déjà trouvée dans la terre ajoutée ; elle est ensuite apparue irrégulièrement dans les échantillons.
- Dans l'expérience 2, elle est apparue une fois au bout de la 1^{ère} semaine ; ensuite elle n'est réapparue qu'au bout de la 10^{ème} et 13^{ème} semaine, tout de suite en assez grand nombre.

- Dans l'expérience 3, on l'a trouvée dans tous les groupes, surtout après le 10^{ème} semaine, un peu moins après la 12^{ème} semaine et ensuite seulement dans quelques échantillons des groupes I et III. On l'a trouvée par ordre d'abondance décroissante dans les échantillons des groupes III, II et I. Dans les couches supérieures, on ne l'a relevée que dans les échantillons des groupes III et II.
- L'année suivante, dans l'expérience 4, on a trouvé *Proisotoma minuta* dans la plupart des tas au bout de la 13^{ème} semaine et dans tous les tas au printemps suivant. Les nombres d'individus les plus élevés en moyenne ont été atteints dans les tas ayant reçu toutes les préparations, les nombres les plus faibles dans les tas sans préparation.

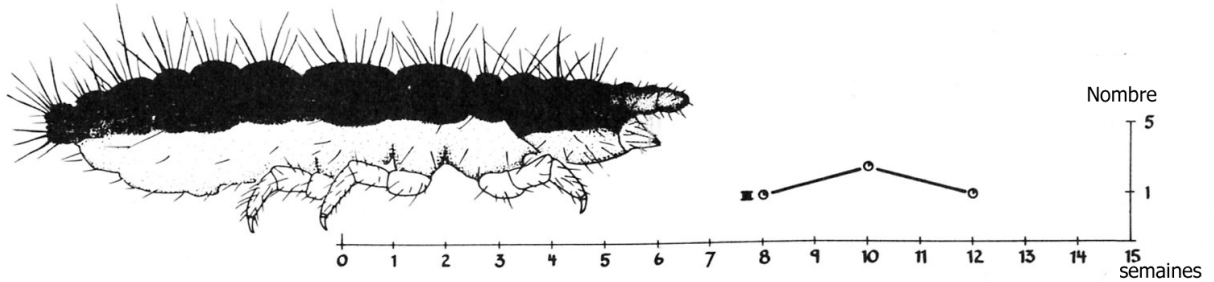
(13) *Friesea mirabilis*



On souligne pour cette espèce qu'elle montre une préférence pour les sols humides (humus ou sol minéral jusqu'à 50 cm de profondeur) et les écorces humides. Ses pièces buccales suceuses et mordeuses indiquent des mœurs carnassières.

- dans l'expérience 1, on ne l'a trouvée qu'isolément ;
- dans l'expérience 2, on ne l'a trouvée que durant la période centrale,
- dans l'expérience 3, elle était présente dans quelques échantillons de la 8^{ème} à la 15^{ème} semaine, surtout dans le groupe III, moins dans le groupe I et seulement à l'état isolé dans le groupe II (substance la plus sèche). Les individus trouvés dans les tas du groupe II ne mesuraient pour la plupart que 1 mm.
- Leurs yeux sont composés de 5 ocelles, la furca est réduite à un minuscule rudiment et les antennes et les pattes sont très courtes. On suppose que cette espèce se nourrit de rotifères qu'elle attrape dans le sol humide et dont elle suce la substance.

(14) *Neanura muscorum* (milieu du tas)



Cette espèce ainsi qu'une autre espèce indéterminable sont apparues sporadiquement dans toutes les expériences. Dans l'expérience 3, ces deux espèces ne sont apparues que dans les tas du groupe III entre la 8^{ème} et la 12^{ème} semaine. *Neanura muscorum* est une espèce relativement grande, fortement poilue et colorée de bleu foncé sur le dessus. Elle possède des pièces buccales piquantes et suceuses (mœurs carnassières ?), de courtes pattes et antennes et elle est démunie de furca.

(15) *Willowsia buski*

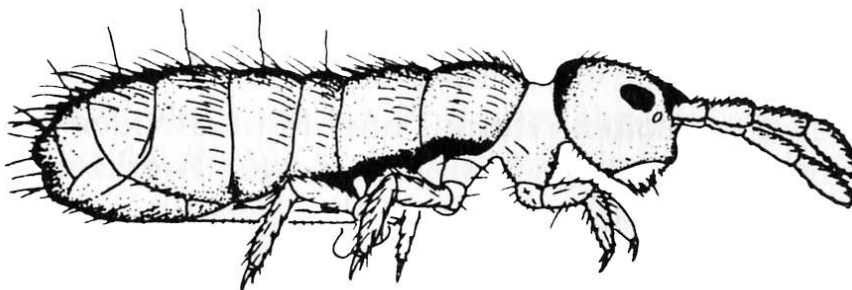


Cette espèce est une forme typique de la surface du sol avec de très longues antennes, pattes et furca, une pilosité importante et des motifs bleu foncé sur le corps. Son corps est couvert d'écailles. On ne l'a trouvée que sporadiquement dans les expériences 3 et 4, plus précocement à la surface qu'à l'intérieur où l'on ne l'a relevée qu'une fois.

(16) *Orchesella villosa* (sans illustration)

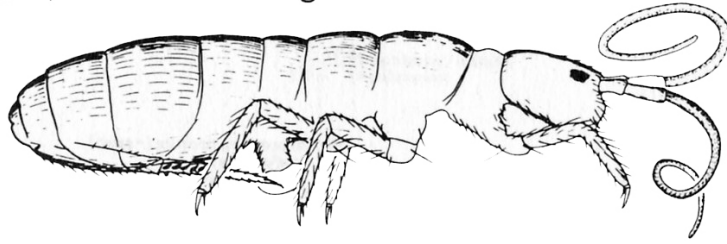
Il s'agit d'une des plus grandes espèces de collemboles avec des motifs colorés sur le corps. On ne l'a trouvée que relativement tard et isolément.

(17) *Isotomurus palustris*



Cette forme relativement grande, vivant à la surface ou dans la litière et recherchant l'humidité, présente un aspect très simple et grossier (peu différencié). On ne l'a trouvée qu'une fois mais dans un emplacement typique : dans un échantillon du groupe de tas I de l'expérience 3 qui présentait le substrat le plus humide.

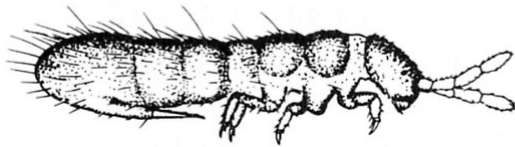
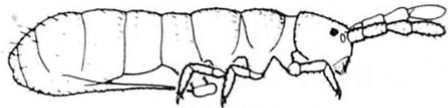
(18) *Tomocerus vulgaris*



Cette très grande espèce possédant de longues antennes très souples n'a été trouvée que sporadiquement et relativement tard.

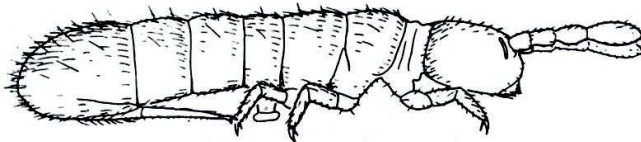
Les espèces suivantes ne se trouvaient en général que dans la terre qui a été utilisée comme matière première, dans le compost végétal avec beaucoup de terre ou dans le champ qui a été préparé pour les expériences :

(21) *Isotoma notabilis* und (22) *Folsomia quadrioculata*



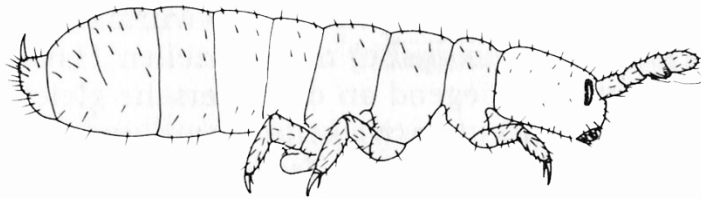
Ce sont des formes intermédiaires, petites, minces et agiles avec des yeux quelque peu réduits.

(23) *Folsomia candida* und (24) *Isotomiella minor*



Ce sont des formes similaires minces mais blanches et aveugles.

(25) *Onychiurus fimatus* (sans illustration) et (26) *Onychiurus hortensis*



Ces deux espèces qui appartiennent au type vermiforme sont aveugles et dépourvues de furca. Par contre, elles possèdent un crochet à l'extrémité postérieure dont elles se servent pour pouvoir sortir des cavités en marche arrière.

Toutes ces formes aveugles sont des habitants de l'humus des couches profondes. Dans l'expérience 1, on a trouvé (23) *Folsomia candida* et (25) *Onychiurus fimatus* la 11^{ème} semaine ainsi que (21) *Isotoma notabilis* au bout de la 18^{ème} semaine en nombre assez réduit. (23) *Folsomia candida* a également été trouvée dans de la matière organique en « fermentation chaude ».

(27) *Sminthurides schoetti* et *Sminthurides parrulus* (sans illustrations) sont des collemboles sauteurs en forme de boule qui recherchent les endroits très humides et que l'on a trouvé qu'isolément à la fin de l'expérience.

4) PRESENTATION GENERALE

Répartition de la pédofaune dans le tas de compost, exemple des collemboles

Répartition spatiale

Le rapport entre la forme des animaux, leurs mœurs et leur milieu, en particulier avec leur répartition dans les différentes couches du sol a été mis en évidence au début de cet ouvrage. Ainsi, il existe de grandes espèces minces et agiles (classées comme « insectiforme »). Ces espèces ont le corps recouvert de nombreuses soies ou d'écaillés, elles présentent une forme différenciée avec de longues antennes, une longue furca et des yeux bien développés. Elles se caractérisent le plus souvent par des dessins de couleur sombre nettement marqués sur le dos. Il s'agit de formes vivant surtout à la surface (Atmobios) ou dans les toutes premières couches de la litière (par exemple : (15) *Willowsia buski*, (16) *Orchesella villosa* dans).

Dans le groupe des « insectiformes » nous trouvons également des formes très différentes : de très petites espèces allongées avec quelques longs poils palpeurs sur le dos, sans coloration et dépourvues d'yeux mais possédant des organes sensitifs spéciaux à la base des antennes (organes post-antennaires) et en partie aussi directement sur les antennes. La fonction exacte de ces organes n'est pas encore connue. La furca peut être très longue et bien développée, mais les antennes sont nettement raccourcies.

Ces espèces vivent plus en profondeur dans de minuscules cavités du sol (exemple : (24) *Isotomiella minor*).

Entre ces deux extrêmes, on trouve de nombreuses espèces avec une pigmentation régulière plus ou moins importante et des yeux et des organes post-antennaires différemment développés. Ces espèces colonisent en général les couches intermédiaires du tas. Mais il existe également des espèces plus grandes, plus différenciées avec des antennes et une furca bien développées. Celles-ci sont incolores et aveugles et semblent apparaître lorsqu'elles trouvent plus en profondeur une terre riche en humus avec d'assez grandes cavités ((10) *Sinella coeca*, (11) *Heteromurus nitidus*).

À côté des formes précédemment décrites, il existe des insectes de type « vermiforme » plus lourdauds et possédant de courtes antennes, une petite furca ainsi qu'un crochet spécial à l'extrémité de l'abdomen. Ces espèces sont généralement pigmentées surtout sur la face dorsale et possèdent des yeux plus ou moins bien développés ; certaines possèdent également des organes post-antennaires. Elles vivent plutôt dans la couche supérieure de couverture ou d'humus ((2) (3) (4) espèces d'*Hypogastrura*, un peu plus en profondeur (1) *Xenylla welchi*). Les représentants de ce type qui vivent plus profonds dans le sol sont également incolores et dépourvus d'yeux mais possèdent des antennes et des post-antennes bien développées. Cependant, ils ne possèdent pas de furca ((25) *Onychiurus fimatus*, (26) *Onychiurus hortensis*). Certaines espèces armées de pièces buccales déchiquetant ou mordant et suçant font également partie de ce type « lourdaud » ((13) *Friesea mirabilis*, (14) *Neanura muscorum*).

Plus rares sont les collemboles en forme de boule ((9) *Bourletiella hortensis*), qui vivent surtout dans la couche de couverture et à la surface du sol. Plus en profondeur, on rencontre également une minuscule espèce de ce groupe, incolore et dépourvue d'yeux (*Neelus minimus*).

Le diagramme récapitulatif 26 de l'expérience 3 montre comment la répartition en profondeur des collemboles dans le tas correspond bien aux formes des différentes espèces.

Nous avons déjà pu établir cette relation entre la forme et l'habitat dans différents types de sol (J. Bockemühl 1956).

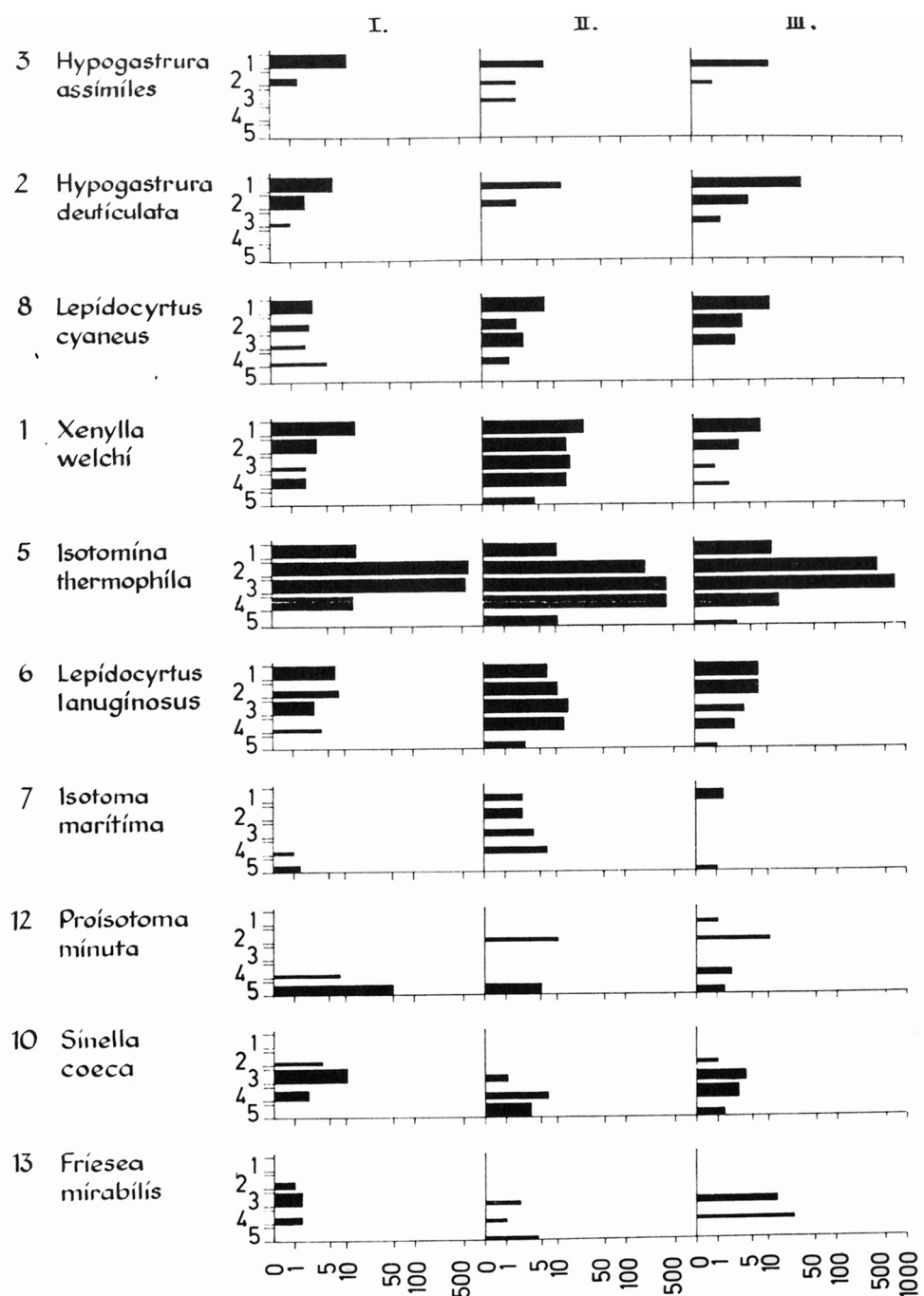
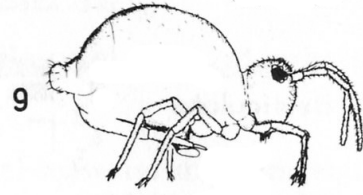


Diagramme 26 : Répartition en profondeur de quelques espèces de collemboles dans le tas de compost de l'expérience 3. L'épaisseur des traits exprime le nombre d'échantillons (sur 4) dans lesquels on a trouvé l'espèce (vertical). La longueur du trait indique le nombre moyen d'individus (horizontalement, logarithmique). - 1 couche de couverture - 2 couche supérieure 3 - milieu de la partie supérieure du tas - 4 centre du tas - 5 dans le « cœur », c'est-à-dire au milieu de la partie inférieure du tas.

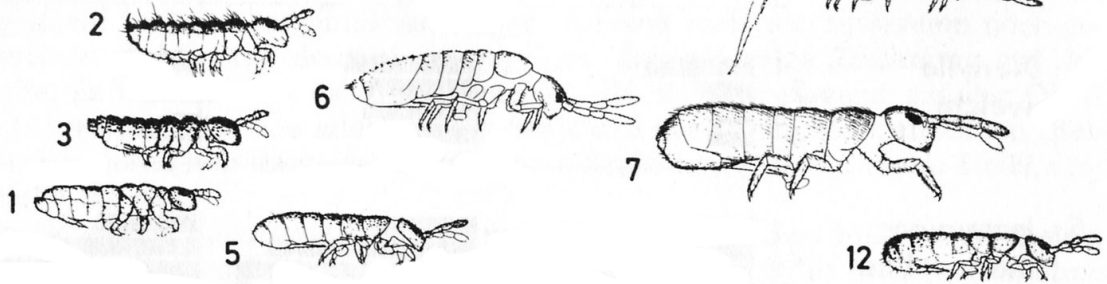
4^{ème} phase

3^{ème} phase de compostage

A



B



C Transition vers le sol humique

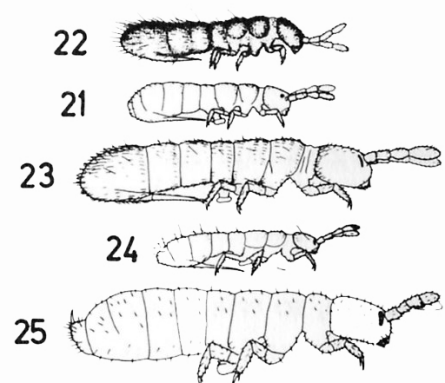
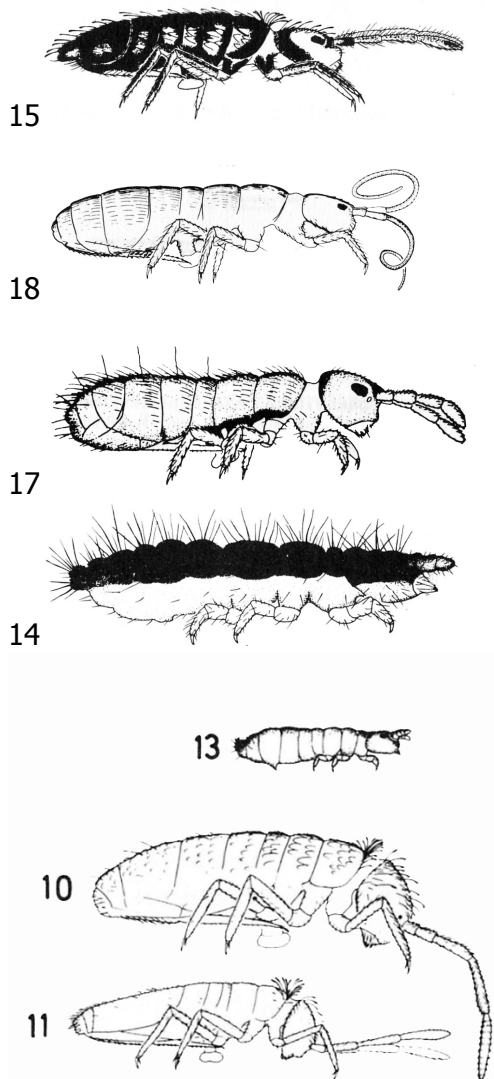


Illustration 7 : Apparition successive des différents types de collemboles au cours du processus de fermentation.

A) Formes de la couche supérieure : Coloration différenciée et yeux bien développés expriment une importante relation à la lumière. Forme différenciée, écailles, pilosité, furca etc. indiquent une relation à l'air. Ceci correspond aux formes « insectiformes » (illustration 1) de l'atmobiose avec une transition vers le « Hemiedaphon ». De telles espèces apparaissent en plus grand nombre durant la 4^{ème} phase de fermentation.

B) Formes de couches intermédiaires : Coloration régulière et diffuse et yeux parfois réduits indiquent une moins importante relation à la lumière. Ces formes sont le plus souvent moins différenciées. Ces différences indiquent bien une alternance d'emplacements plus denses et d'emplacements plus aérés. De telles formes correspondent dans le sol aux habitants de l'Hemiedaphon. Ce sont les premières à apparaître au cours de la fermentation et elles caractérisent la troisième phase de compostage. Avec les espèces des couches supérieures pénétrant plus tard, elles deviennent plus diversifiées durant la quatrième phase.

C) Formes de couches plus profondes : Celles-ci montrent une relation à la lumière faible à nulle. La coloration est très réduite à inexistante. Les yeux sont fortement réduits ou manquent. Par contre il apparaît souvent des organes antennaires assez complexes (perception chimique ?). Les grandes espèces montrant par leur pilosité ou leur écailles, etc. qu'elles habitent des espaces aérés d'assez grande dimension sont apparues durant la quatrième phase de compostage en même temps que les formes de surface. Par contre, les formes plus minces, tant les « insectiformes » que les « vermiformes », ne sont apparues que lors de la transition vers le sol humique.

Succession des différentes formes dans le temps (diagrammes 3a et b, 7a et b, 24 et 25 et avec les commentaires sur les différentes espèces)

Si nous considérons l'apparition dans le temps des espèces les plus fréquemment rencontrées au cours du processus de décomposition, en suivant la classification du début, on obtient un classement spectaculaire (voir illustration 7 page précédente). Nous ne trouvons une organisation différenciée en nombreuses espèces spécialisées et réparties de manière spécifique que dans un tas dans lequel le processus de décomposition s'est bien déroulé et qui a atteint un certain état stationnaire.

Par contre, on remarque que les premiers colonisateurs du tas de compost font tous partie des formes intermédiaires des « insectiformes » aussi bien que des « vermiformes » (voir illustration 1 page 7). Dans le milieu du tas, nous trouvons, dans nos expériences, d'abord (1) *Xenyla welchi* ainsi que (5) *Isotomina thermophila* et ensuite vient très rapidement (6) *Lepidocyrtus lanuginosus*. Les espèces du genre *Hypogastrura* (2-4) sont plus nombreuses dans les couches supérieures. En général, il s'agit d'un très petit nombre d'espèces qui ne sont ni des formes typiques de surface ou de profondeur, ni des formes particulièrement spécialisées qui apparaissent alors en très grand nombre.

Les formes plus spécialisées n'apparaissent que plus tard. De plus en plus d'espèces apparaissent, mais avec des nombres d'individus réduits pour chaque espèce. Ainsi nous trouvons bientôt, à côté de (6) *Lepidocyrtus lanuginosus*, l'espèce plus fortement pigmentée (8) *Lepidocyrtus cyaneus* et l'espèce en forme de boule, (9) *Bourletiella hortensis*. Ces espèces sont surtout représentées dans les couches supérieures du tas ; elles indiquent la présence de cavités plus grandes et mieux aérées. Une espèce également décolorée mais plus mince (12) *Proisotoma minuta*, commence également à se développer. Nous trouvons les espèces incolores, en partie dépourvues d'yeux et plus fortement différenciées à l'intérieur du tas, comme par exemple (10) *Sinella coeca* et (11) *Heteromurus nitidus* qui indiquent que le compost est bien meuble, bien aéré. Ces espèces font partie du groupe des « insectiformes ».

Durant cette période apparaissent aussi les espèces possédant un appareil buccal de type piqueur ou de type piqueur-suceur comme (13) *Frisea mirabilis* et (14) *Neanura muscorum*. (15) *Willowsia buski*, (16) *Orchesella villosa*, (17) *Isotomurus palustris* et (18) *Tomicerus vulgaris* n'apparaissent que plus tard. Il s'agit d'espèces plus fortement différenciées par leur pilosité et leurs écailles, souvent très grandes et en partie ornées de motifs colorés. Elles appartiennent toutes au type « insectiforme » et sont des espèces de surface typiques. (23)

Folsomia candida, (24) *Isotomiella minor* et (25) *Onychiurus* n'apparaissent que dans un compost plus fortement décomposé ou dans le sol riche en humus ; il s'agit de formes de profondeur typiques. (21) *Isotomanotabilis* et (22) *Folsomia quadrioculata* forment une transition vers ces dernières espèces. Cette succession montre nettement une évolution des formes les plus simples et des formes intermédiaires vers de nombreuses espèces différenciées, représentées chacune par de faibles effectifs. Parmi ces dernières, on remarque d'abord l'apparition d'espèces adaptées à la vie à la lumière et à l'air et ensuite d'espèces de type « vermiforme » spécialisées pour la vie dans le sol. À côté de cela, des formes intermédiaires continuent d'apparaître mais le plus souvent représentées par de petits nombres d'individus.

Cette évolution générale, dont on a remarqué les traits essentiels dans tous les processus de décomposition observés avec précision, varie de manière caractéristique d'un tas à l'autre. Connaissant cette évolution générale, on peut en déduire le déroulement spécifique du processus de décomposition dans chaque tas particulier. Ceci est présenté au chapitre 6 en s'appuyant sur l'exemple de l'expérience 3 ; par la même occasion nous ferons une synthèse des différentes observations et mesures. Mais nous voulons tout d'abord esquisser l'image générale du processus de décomposition qui s'est dégagée de nos nombreuses observations.

5) PRESENTATION GENERALE DE L'EVOLUTION D'UN TAS DE COMPOST

En appliquant le type d'approche esquissée au début de cet ouvrage, essayons d'ébaucher une image de l'évolution d'un tas de compost à partir des résultats de nos essais et des expériences d'ordre général que l'on fait en préparant des tas de compost. Ce faisant, nous garderons les points de vue du « Cours aux agriculteurs » de Rudolf Steiner (1924) : de la matière organique d'origine animale ou végétale est mise en tas de manière à ce que, d'une part, l'air puisse circuler très finement entre les différentes substances, et d'autre part, que le tas soit suffisamment isolé de l'extérieur. La surface du tas, d'une part, isole celui-ci de l'extérieur et d'autre part, le lie à l'environnement de manière à ce qu'il puisse respirer. C'est tout un art de bien préparer un compost, de préparer les conditions extérieures et de trouver les relations favorables entre le sol, la composition du matériau et les conditions climatiques. La dimension des particules ainsi que la pénétration de l'eau et l'ameublissement jouent un rôle particulièrement important pour la suite du processus.

Des processus microbiens débutent. Le tas se réchauffe. La plupart des organismes animaux auparavant présents dans la matière première disparaissent. Les graines de plantes supérieures perdent également, en général, leur pouvoir germinatif au cours de cette phase quand la température s'élève suffisamment. Avec la chaleur propre au tas apparaît une sorte d'« état originel ». La vie crée un foisonnement intérieur encore informe, chaotique qui se développe dans la dégradation des matières organiques et qui renferme encore de nombreuses possibilités de développement futur.

À partir de cet état primordial, le tas s'organise sur le plan de la chaleur pour devenir un « tout ». On remarque une répartition particulière de la température qui persiste un certain temps. On remarque également que le tas commence à présenter un rythme d'évolution spécifique. Nos expériences ont montré que cet état est atteint au bout de quelques semaines.

Le tas commence bientôt à « respirer ». En parallèle au développement d'une vie bactérienne intense, foisonnante, se produit une importante dégradation des substances entassées. Ce processus peut se dérouler de différentes manières selon l'importance de la quantité d'air.

Normalement, les gaz qui se dégagent en prédominance sont le gaz carbonique et l'ammoniac ; de l'oxygène est fixé.

Quand du gaz carbonique apparaît cela signifie que le carbone qui formait la structure de la matière organique se dissocie. L'apparition d'ammoniac provient des processus de décomposition des protéines. En présence de beaucoup d'air, la formation d'ammoniac est réduite. La formation de nitrates est alors plus importante. Si l'air manque, la formation d'ammoniac est plus importante. Les structures organiques du carbone peuvent se dissocier et, en présence d'hydrogène, se forme du méthane. Mais dans ce cas l'évolution vers le compost est stoppée.

Après une phase durant laquelle les bactéries prédominent, les champignons commencent normalement à plus ou moins s'imposer. Ils commencent à ralentir la vie bactérienne foisonnante se développant au cours de la décomposition et s'attaquent à leur tour aux substances.

L'ammoniac sera fixé dans de nouvelles protéines en formation. Ainsi apparaît une nouvelle organisation du tas avec différentes couches plus ou moins attaquées par les champignons. Les processus tendent vers un équilibre par la collaboration des bactéries et des champignons et par l'échange avec l'air. Un rapport C/N se réduisant indique déjà une tendance qui pourra conduire à la formation d'un humus stable. Mais la vie cryptogamique

correspond encore à un foisonnement de la vie végétale qui a tendance à conduire les substances organiques vers un « état d'animation propre ». C'est la phase du foisonnement de la vie en échange avec l'air.

Ensuite apparaissent les premiers petits animaux. Leur activité consiste à découper en menus morceaux les restes végétaux, à manger les champignons et à en répartir les spores dans le tas avec leurs excréments. La vie végétale du compost peu formée, amorcée par les champignons, est captée par cette activité de la faune. Rudolf Steiner (1924) parle d'un processus d'« astralisation ». Celui-ci peut être considéré ici sous deux aspects : d'un côté les nombreuses espèces différentes d'animaux apparaissant à l'intérieur du tas indiquent par leur forme et leur coloration une organisation interne du tas vers laquelle ils sont attirés. Le tas et les processus s'y déroulant ont une tendance accentuée à s'isoler de l'environnement. L'activité des petits animaux forme elle-même un environnement interne. On peut ainsi parler d'une « animation » interne du tas. De l'autre côté, la surabondance « d'animation propre » des substances développée par les bactéries et les champignons est captée, liée à la terre et mise en forme particulièrement par l'activité des vers de terre qui apparaissent souvent un peu plus tard.

Ce processus qui se manifeste par l'apparition des petits animaux peut également se diviser en deux phases : durant les premières phases du développement des petits animaux, le milieu se transforme très vite et si fortement qu'il ne peut plus servir de milieu de vie aux espèces qui ont participé à sa formation : d'autres espèces les remplacent. Cette phase forme une transition entre le foisonnement de la vie et la structuration interne du tas. Il s'agit d'une métamorphose s'écoulant dans le temps.

On peut se faire une image de ce processus par une comparaison : une plante, au début de sa croissance, déploie d'abord des organes verts, simples et uniformes et ensuite des organes de forme similaire mais pourtant toujours plus différenciés. De la même manière, notre tas de compost développe une organisation interne, d'abord avec des espèces animales de forme simple qui se développent intensément, se répandent puis diminuent ou disparaissent tout à fait pour être remplacées par d'autres. Le moment et l'emplacement où les germes des espèces suivantes se développent dépendent des conditions créées par ce premier processus. Chez la plante également, l'apparition d'une nouvelle feuille amène de nouvelles conditions dans la plante entière grâce auxquelles une nouvelle forme de feuille apparaîtra dans la prochaine phase de l'évolution. Chaque stade évolutif forme un nouvel organe qui ne résulte pas directement du précédent organe créé. Dans notre tas, les milieux de vie toujours nouveaux et les espèces qui y apparaissent et disparaissent sont de tels organes, à la différence près qu'ils sont orientés vers l'intérieur. Chez la plante, au début de sa croissance, les feuilles se succèdent nettement. Au cours du développement, les organes ensuite ordonnés sur la plante se succèdent de plus en plus rapidement. Ceux-ci croissent et se forment, toujours plus rapprochés dans le temps, jusqu'à ce que la forme supérieure de la plante atteigne un certain stade de repos dans la fleur formée de différents organes assemblés.

Cette description de la plante aide à comprendre la phase suivante du tas de compost durant laquelle un nombre toujours plus important d'espèces se développe simultanément. Les densités de population s'équilibrent réciproquement. Les multiplications massives de certaines espèces sont moins fréquentes qu'au début du processus. La différenciation dans l'espace évolue toujours plus vers une organisation, une structuration spatiale du tas en différentes couches et une répartition spécifique de multiples espèces spécialisées.

Les petits animaux deviennent encore un peu moins nombreux. Ce qui reste de l'activité de ces animaux se transforme peu à peu en une substance terreuse d'aspect extérieur homogène mais possédant une organisation interne. Au cours de cette phase, on peut dire

que le tas suit un processus d'individualisation. Le jardinier parle maintenant de « maturité ». Dans notre manière de voir, il serait plus exact de comparer cet état à la fleur. En observant le tas qui renferme son organisation à l'intérieur, on a cependant l'impression d'une plus proche parenté avec un organisme animal. Mais le tas de compost ne s'individualise pas aussi fortement qu'un animal ; il devient un organe de la terre. L'« astralisation » consiste dans le fait que la vie propre des substances, d'abord retenue par les petits animaux est vaincue et laisse place à une structure interne grâce à laquelle une nouvelle vie peut se développer. Il s'agit d'une phase de stabilisation et de structuration dans l'élément solide.

Lorsque le compost est épandu sur le sol, la comparaison avec la plante n'est plus aussi bien adaptée ; on pourrait cependant dire que c'est seulement maintenant qu'est atteint le stade fruit car les processus se sont stabilisés. Pour comprendre cette comparaison il faut observer le développement général de la plante au cours de l'année. Elle peut, pour ainsi dire, s'individualiser dans la graine en automne ; mais elle peut également se retirer dans la racine et ainsi se relier plus étroitement à la terre. C'est également une sorte de fructification dans laquelle la plante ne perd pas son identité comme c'est le cas pour le processus de décomposition s'intégrant dans son environnement.

Regardons le processus de formation d'un arbre sous cet aspect. Dans ce processus, d'après Rudolf Steiner (1924) la plante se crée elle-même quelque chose comme une terre spécifique. En sacrifiant de sa vitalité (vie), elle crée la base pour la vie de nouvelles pousses annuelles.

Nous reconnaissons qu'un bon humus s'est formé à la structure grumeleuse friable et à la coloration grise à noire. Un rapport C/N plus réduit dans ce cas qu'il y a eu une augmentation et une stabilisation des processus de type « protéinique » liés au sol.

Ces substances forment alors dans le sol la base pour la croissance des plantes car elles ne participent plus directement à la croissance. Elles se dégraderont lentement au fur et à mesure de l'activité des racines. Au cours de la décomposition de ces substances apparaissent des sels solubles qui pourront être directement absorbés par la plante. À l'intérieur du sol riche en humus se développent des processus liés à l'humidité et à la chaleur qui seront transmis à la plante.

Si nous faisons une synthèse de la « collaboration des éléments » nous pouvons distinguer dans un tas de fumiers fraîchement préparé une succession de quatre phases se différenciant nettement sur le plan qualificatif et dans lesquelles apparaît chaque fois une nouvelle influence. À chaque nouvelle phase, l'influence de la phase précédente est incluse, incorporée dans la nouvelle influence à laquelle elle cède la place :

1/ Au cours de la première phase, le tas se réchauffe. Il apparaît une sorte d'état originel lorsque les micro-organismes commencent à pulluler. Dans cet état de chaos initial, les processus reçoivent une impulsion de départ. Le tas dans son ensemble, est « façonné », organisé par la chaleur.

2/ La deuxième phase avec augmentation des micro-organismes et des champignons se caractérise par une augmentation des échanges avec l'air, par la respiration de l'oxygène et par le dégagement de gaz carbonique et d'ammoniac. Ces processus se produisent selon les conditions créées par la mise en place du tas : la situation particulière spatiale, temporelle et climatique ainsi que la manière de préparer le tas en tenant compte de la matière première, de l'épaisseur, de l'aération, de l'humidité, etc. Dans cette phase du foisonnement de la vie de nouvelles relations s'établissent entre les différentes substances en échange avec l'élément air. Par exemple le rapport C/N diminue, l'eau s'évapore. Maintenant domine une

force créatrice de relations qui agit sur les conditions spatiales présentes de l'espace environnant. Cette force forme le « Erscheinungszusammenhang » (J. Bockemühl 1977) (contexte d'apparition ou éther de lumière).

3/ La troisième phase est une phase de transformation au cours de laquelle s'accomplit un remaniement de la substance dans une ambiance humide, plus isolée de l'environnement. Il s'agit d'une phase de transition du foisonnement intense vers une organisation interne, vers un façonnement différencié de l'élément solide. Ce sont surtout des animaux supérieurs qui participent le plus activement à cette phase qui peut être bien caractérisée par la manière d'apparaître de ces petits animaux. Un petit nombre d'espèces, encore peu différenciées, commencent à apparaître massivement. Une espèce succède à l'autre : elle apparaît, se multiplie fortement et disparaît ensuite plus ou moins rapidement. Il s'agit d'une métamorphose dans le temps. Le caractère de cette phase correspond à l'élément eau. Dans celle-ci s'exprime particulièrement le « Verwandlungszusammenhang » (contexte temporel ou de métamorphose ou éther chimique).

4/ Dans la quatrième et dernière phase, on atteint une stabilisation et une structuration dans l'élément solide. L'apparition d'un nombre croissant d'espèces spécialisées différentes à faibles effectifs nous permet de déduire que le tas s'organise, se structure toujours plus. Cette phase est l'expression d'un processus d'individualisation : l'action créatrice de relations intervient jusque dans l'élément solide. Ici se forme le « Lebenszusammenhang » (contexte de vie ou éther de vie).

Au début, les phases se déroulent très rapidement et ensuite toujours plus lentement. Globalement, on obtient l'image d'un processus d'évolution avec les stades Saturne, Soleil, Lune et Terre comme Rudolf Steiner (1910) le décrit en détail dans son ouvrage « La science de l'occulte ». Ces descriptions, qu'on ne peut ici présenter plus en détail, présentent en quelque sorte un « archétype » qui s'exprime de façon particulière dans le processus de décomposition. Connaissant cet « archétype », on peut ensuite suivre le processus de décomposition comme nous le présentons dans le tableau récapitulatif des pages 59 et 60. On ne se contente pas d'observer les relations évoquées avec les éléments. Dans le chimisme de ces quatre phases on trouve également des relations : (voir R. Steiner 1920) :

- avec l'éther de chaleur dans la première impulsion et dans le façonnement global et indéterminé de la chaleur.
- avec l'éther de lumière en s'accordant sur les conditions spatiales instantanées de l'environnement.
- avec l'éther chimique dans la transformation progressive du tas se délimitant de plus en plus de son entourage et,
- finalement avec l'action de l'éther de vie dans l'organisation et l'individualisation du « terrestre ».

6) DIFFERENCES DANS LE DEROULEMENT DU PROCESSUS DE DECOMPOSITION DANS DES TAS PREPARES DIFFEREMMENT

À partir de multiples observations du processus de décomposition sous différentes conditions, nous avons élaboré une image générale qui nous permet d'essayer de caractériser plus précisément la diversité des processus dans les groupes de tas I-II-III de l'expérience 3. (chapitre 3, en particulier les diagrammes 9,10,13,15,17,18,21,24 et 26).

Groupe de tas I (humide, tassé)

Les tas ont été bien tassés et arrosés. La seule différence avec le groupe de tas III est l'ajout de 10 % de tourbe. La matière de base était cependant un peu plus humide dans l'ensemble. Il semble douteux que cela provienne du léger ajout de tourbe, d'autant plus que les échantillons prélevés ne contenaient pas de tourbe. Au début, la température s'est élevée jusqu'à 58° en moyenne à 10 cm de profondeur et jusqu'à 60° (moyenne) au milieu du tas. L'élévation de température a été plus réduite que dans les autres tas et la température a rapidement baissé. Mais ensuite la température a baissé si lentement qu'au bout de 3-4 semaines elle était plus élevée dans le groupe I que dans les tas des autres groupes, aussi bien au milieu du tas qu'à 10 cm de profondeur. La phase suivante avec l'activité du gaz carbonique et de l'ammoniac a atteint son apogée de la deuxième à la troisième semaine. À partir de ce moment, le dégagement de gaz carbonique des échantillons a diminué plus rapidement en restant cependant supérieur aux valeurs des autres groupes. Le rejet d'ammoniac, par contre, a été très élevé jusqu'à la 6^{ème} semaine et a ensuite tout à fait disparu. C'est dans ce groupe qu'a poussé le plus grand nombre de champignons supérieurs. Ils sont apparus dès la troisième semaine en plusieurs poussées successives.

Par contre, les collemboles ne se sont multipliés que très lentement. Les premiers arrivants comme (1) *Xenylla welchi* et (5) *Isotomina thermophila* n'ont atteint leur développement maximum qu'au bout de 8 semaines. Il faut préciser que ce maximum, surtout pour (1) *Xenylla welchi*, était nettement inférieur aux autres groupes de tas. (6) *Lepidocyrtus Inuginosusa* présente le développement le plus réduit et n'est apparu qu'un peu plus tardivement ; (7) *Isotomina maritima* n'apparaissait que très sporadiquement alors que ces deux espèces étaient représentées en assez grand nombre dans les deux autres groupes de tas. (8) *Lepidocyrtus yaneus* et (10) *Sinella coeca* ne sont apparues également que très tard et en nombre relativement réduit. Il faut noter que les espèces (13) *Friesea mirabilis* et (17) *Isotomurus palustris* qui recherchent l'humidité sont apparues de façon importante ici. On n'a presque pas observé de vers de fumier.

Dans ce groupe, le processus était, dans l'ensemble, quelque peu retardé par rapport aux autres groupes ; c'est-à-dire qu'il se développe surtout dans la phase d'activité du gaz carbonique et de l'ammoniac. Les petits animaux ne colonisent les tas que plus tard. Dans la suite du déroulement du processus on a bien pu observer la transformation dans la quatrième phase de différenciation. Vers la fin du processus, le matériau était noirâtre à verdâtre et en grande partie bien décomposé. Cependant, le compost présentait un aspect plus « gras » que dans le groupe de tas III. La nitrification était plus réduite que dans les autres groupes et il en était de même pour la teneur relative en azote organique. Le rapport C/N était plus élevé (13,5) et la perte de substance plus faible que dans les deux autres groupes (semblable au groupe de tas III).

Groupe de tas II

Le déroulement de la décomposition dans ces tas secs et non tassés a présenté la plus forte opposition avec le groupe I. Dans ce groupe, on a relevé la plus importante élévation de température : au-dessus de 70°. Elle est restée très élevée un certain temps puis a ensuite très fortement diminué. Surtout à 10 cm de profondeur, la température est descendue plus bas que dans les deux autres groupes. L'activité du gaz carbonique n'a présenté qu'une faible élévation au bout de 3 semaines. On a également noté le dégagement d'ammoniac le plus faible ; au bout de 6 semaines tout dégagement d'ammoniac avait cessé. Par contre, on a mesuré, plus tard, la plus importante formation de nitrates. Des champignons supérieurs sont apparus au bout de la 3^{ème} semaine ; ensuite, ils n'ont plus poussé que sporadiquement. On a observé une phase de moisissure de la 3^{ème} à la 5^{ème} semaine. Dans les échantillons séchés, on reconnaissait encore la coloration grise qui a disparu plus tard. Parmi les premiers colonisateurs des tas, (5) *Isotomina thermophila* s'est multipliée rapidement, a atteint son apogée au bout de 6 semaines avant (1) *Xenylla welchi* qui n'a atteint sa plus forte densité qu'au bout de 8 semaines. (6) *Lepidocyrtus lanuginosus* a également atteint au bout de 6 semaines une densité de population bien supérieure à celles des autres tas. (Cela signifie que les mesures des rejets de gaz carbonique et de l'ammoniac effectuées dans les échantillons n'expriment que l'activité des micro-organismes et non la perte de carbone ou d'azote).

Pour les trois espèces, la densité de population est longtemps restée constante et n'a diminué qu'à partir de la 15^{ème} semaine pour (1) *Xenylla welchi* et (6) *Lepidocyrtus lanuginosus*. Dans l'ensemble, on a l'impression, d'après l'apparition des collemboles, que l'évolution de ces tas atteint une sorte d'apogée au stade correspondant à la troisième phase de décomposition (apparition massive d'un nombre réduit d'espèces) et connaît ensuite une sorte de stagnation ; c'est-à-dire que la métamorphose dans la quatrième phase ne se produit que très incomplètement. L'apparition particulièrement importante de (6) *Lepidocyrtus lanuginosus* avec son épaisse couverture d'écailles sur la surface du corps semble indiquer, déjà d'après la morphologie de cet insecte, une plus importante aération des tas. (7) *Isotomina maritima* apparaît un peu plus tard mais en plus grand nombre que dans le groupe III. Ceci est également valable pour (8) *Lepidocyrtus cyaneus* dans le milieu du tas ; en général, cette espèce est plus abondante en surface. Les collemboles ne font qu'exprimer plus nettement ce qu'on peut également déduire de l'observation directe du substrat. Celui-ci est relativement sec, a mieux conservé sa structure d'origine que dans les autres groupes mais est cependant devenu brun et friable. Presque tout le tas se trouvait dans cet état. À la fin de l'expérience, on n'a pas remarqué de formation d'un « cœur » au centre du tas. Les autres caractéristiques de ce type de décomposition révèlent également qu'en rapport avec la plus importante aération, le processus a atteint une stabilisation à un stade très précoce. Il faut préciser que cette stabilisation est également liée à une minéralisation plus importante.

C'est dans ce groupe que l'on a mesuré la formation de nitrates la plus élevée, le rapport C/N le plus réduit (12) et la perte de substance la plus élevée.

Groupe de tas III

Moins humide que le groupe I, sans ajout de tourbe et un peu plus tassé que le groupe II. Toutes les caractéristiques observées sur ce groupe se situaient entre les deux autres groupes. Cependant, les courbes de la température, des rejets de gaz carbonique et d'ammoniac se rapprochaient un peu plus de celles du groupe II. (1) *Xenylla welchi* et (5) *Isotomina thermophila* se sont multipliées plus rapidement que dans les autres groupes et ont atteint une densité maximale au bout de 5 semaines. Ensuite, l'évolution se poursuit rapidement : la densité de ces espèces diminue et en particulier (12) *Proisotoma minuta* et (10) *Sinella coeca* apparaissent plus précocement.

Auparavant (7) *Isotoma maritima* et (6) *Lepidocyrtus lanuginosus* étaient déjà apparues plus tôt, s'étaient multipliées et leurs effectifs avaient ensuite diminué.

C'est dans ce groupe que l'image de la pédofaune est la plus différenciée.

Globalement, on avait l'impression que les différentes phases du processus de décomposition s'exprimaient mieux que dans les autres groupes et qu'elles se déroulaient plus harmonieusement. Il faut remarquer que c'est justement dans ces tas que l'on a relevé le plus grand nombre de vers de fumier. Les poussées de champignons n'ont pas été aussi importantes et n'ont pas duré aussi longtemps que dans le groupe I mais elles ont cependant été plus intenses que dans le groupe II. À la fin, le rapport C/N était relativement élevé (13) et la teneur relative en azote organique plus réduite que dans le groupe II, tout en étant plus élevée que dans le groupe I. La perte de substance était aussi faible que dans le groupe I. La coloration grise noirâtre et l'aspect du matériau indiquaient une bonne formation d'humus.

Les processus de décomposition dans les groupes I et II ont donc, comme le montre le tableau récapitulatif suivant, des déroulements bien typiques. On peut bien comprendre ces processus en les considérant comme des variations d'un processus « modèle » dont est proche le processus du groupe III : dans les tas trop humides et trop tassés du groupe I le processus stagne trop longtemps dans la deuxième phase. Par contre, dans les tas trop aérés du groupe II, le processus stagne dans la troisième phase. Dans l'espace, le processus du groupe I correspond aux tendances du cœur du tas alors que le processus du groupe II correspond aux couches supérieures ; le processus équilibré se déroulant au milieu du tas.

En faisant la synthèse, on obtient l'image suivante des différentes évolutions possibles.

7) VUE D'ENSEMBLE SUR LE DEROULEMENT DU PROCESSUS DE

On compare avec un déroulement intermédiaire des variations qui proviennent de la

1^{ère} phase
(Saturne)

2^{ème} phase
(Soleil)

3^{ème} phase
(Lune)

Échauffement

Activité de l'air

Métamorphose aqueuse

moins tassé et plus aéré (comme dans le groupe de tas II exp. 3)

Echauffement plus important

On mesure dans les échantillons des rejets d'acide carbonique et d'ammoniac plus réduits. très peu de champignons supérieurs mais important développement de champignons

La microfaune se développe très rapidement. Quelques espèces se multiplient très fortement et conservent une grande densité.

déroulement intermédiaire (approximativement comme dans le groupe de tas III exp. 3)

Échauffement moyen au début, façonnement global dans la chaleur. Dissolution des germes de vie des organismes supérieurs

Développement interne des gaz, relation avec l'espace aérien environnant. Développement microbien accru. Transition vers le développement des champignons

Transformation progressive des conditions internes. Apparition de certaines espèces de la microfaune de forme simple se multipliant massivement, se succédant et endiguant la croissance foisonnante des champignons microbiens.

plus tassé et plus humide (comme dans le groupe de tas I exp. 3)

Echauffement moins important

Une plus intense activité de l'acide carbonique et de l'ammoniac indique une prolifération plus intense des micro-organismes. Plus important développement de champignons supérieurs qui captent l'ammoniac formé.

Très lent développement de la micro-faune

DECOMPOSITION DANS LES COMPOSTS DE FUMIER D'ETABLE

manière de préparer le tas (peu tassé, plus aéré plus dense, plus humide)

4^{ème} phase du compostage
(Terre)

Transition dans le sol lors de
l'utilisation comme fumure

Façonnement interne

correspond spatialement aux tendances des couches supérieures

La différenciation ne se poursuit pas bien. La microfaune domine de manière unilatérale, absence de vers de terre. D'une part, les substances se minéralisent fortement (formation de nitrates) et, d'autre part, les composants organiques se transforment en une sorte d'humus grossier, brun, semblable à de la tourbe. Rapport C/N étroit et perte de substance la plus importante.

Malgré un rapport C/N réduit, ce processus de décomposition n'est pas le meilleur. Le compost est resté très longtemps à la phase 3 et, à partir de ce moment, a développé une tendance au « dépérissement ».

correspond spatialement aux tendances du milieu du tas

Différenciation, stabilisation et individualisation des substances. De nombreuses espèces de la microfaune de formes très variées à effectifs réduits révèlent l'organisation interne variée du tas qui se structure aussi globalement dans les substances solides. De nombreux vers de terre sont apparus et sont à l'origine d'une liaison intime avec la terre. Avec la coloration grise à noirâtre le rapport C/N réduit indique une bonne formation d'humus stable.

Si les processus se sont harmonieusement déroulés, à partir de ce moment, s'accomplit une lente transition vers un sol vivant et bien structuré.

correspond spatialement aux tendances du « cœur » du tas

La transformation des substances s'est surtout accomplie à la phase 2. Le tas se différencie. La microfaune devient aussi plus variée ; très peu de vers de terre. Les processus stagnent pourtant un peu dans les zones tassées et humides, surtout dans le cœur. La coloration peut même y devenir verdâtre. Rapport C/N élevé, formation réduite de nitrates, perte de substances réduite.

Les substances sont très instables. Dès qu'elles sont en présence d'une plus grande quantité d'air commencent de nouveaux et rapides processus de transformation. Tout est encore trop « vivant ». Ce compost peut éventuellement agir de façon plus stimulante. Mais, le cas échéant, les pertes peuvent aussi être plus élevées.

8) L'ACTION DES PREPARATIONS BIO-DYNAMIQUES POUR LE COMPOST

Bien que l'action des préparations pour le compost soit décrite par rapport au sol et à la plante et non par rapport au compost dans le « Cours aux agriculteurs » (Rudolf Steiner 1924), nous avons essayé d'esquisser une image d'évolution du compost avec et sans apport de préparations. Nous avons d'abord des effets particuliers. Après la première expérience, nous pensions encore pouvoir déduire l'influence des préparations de l'étude de facteurs isolés comme une température de départ plus faible ou une multiplication massive de collemboles. Mais, en étudiant des tas en parallèle et des tas préparés de différentes manières, notre représentation des influences des préparations est devenue beaucoup plus riche. Ceci a attiré notre attention sur le fait que, d'après la conception même des préparations, il n'est pas justifié de seulement rechercher des effets particuliers. Les influences de préparations ajoutées pour réguler un processus global doivent être observés dans cette globalité. Mais il fallait d'abord trouver cette globalité par l'observation des détails et en suivant les processus dans leur évolution.

Comme nous l'avons vu, la manière de préparer le tas détermine l'orientation que suivra le processus de décomposition dans le tas. Le tas de compost a tendance à former un tout différencié, une sorte d'organisme possédant une « biographie » suivant quatre phases. Ce parcours correspond à l'image originelle d'une évolution allant d'un « état Saturne » à un état « Soleil » puis à un « état Lune » pour arriver à la Terre. C'est ainsi qu'on peut le mieux atteindre l'astralisation recherchée. Un tas trop tassé et trop humide est trop dans la 2^{ème} phase et y stagne trop longtemps. Il reste « trop vivant ». Un tas trop sec conduit facilement à une « combustion » et stagne à la 3^{ème} phase. Il se dirige vers une minéralisation précoce avec une formation d'humus brut, vers quelque chose de mort.

Ceci doit servir d'arrière-plan pour comprendre les influences des préparations. Nous commençons à comprendre les interrelations entre les différents éléments si nous considérons qu'il s'agit d'une action de régulation et de stabilisation intervenant sur le tas commençant à s'« organiser » d'une certaine manière.

Dans la première phase, le rapide échauffement du début est resté plus réduit et, ensuite, l'évolution de la température était, la plupart du temps, plus harmonieuse que dans les tas n'ayant pas reçu de préparation. Les températures de l'« extérieur » et de l'« intérieur » étaient plus proches l'une de l'autre.

Dans la deuxième phase, l'activité du gaz carbonique et de l'ammoniac était nettement différente comparée aux tas sans préparations. Ces processus sont restés les moins compréhensibles dans l'ensemble de leur signification.

Dans la troisième et la quatrième phases, les populations de collemboles étaient parfois plus importantes ; souvent les espèces étaient plus régulières et plus constantes. La formation d'azote organique était, en tant que processus, plus équilibrée, plus stable. Le rapport C/N a également moins varié au cours de tout le processus. À la fin, on a trouvé une perte de substance inférieure d'environ 7 % en moyenne.

Nous avons ensuite procédé à des expériences avec des radis et des épinards ; celles-ci se sont avérées insuffisantes pour obtenir des indications plus précises. Ces expériences ont cependant montré qu'on peut suivre l'influence des différentes préparations du compost en observant la croissance des plantes. Ici aussi il est évident qu'il faut partir d'une vision globale pour donner une appréciation sur le plan qualitatif.

9) POUR COMPRENDRE L'INFLUENCE DES ETHERS - LES ESPRITS ÉLÉMENTAIRES ET LE TAS DE COMPOST

Pour terminer, dirigeons notre regard vers l'activité humaine. Lorsqu'un agriculteur prépare un tas de compost il ne peut, en fait, manier que l'élément terrestre et l'élément eau. Il inclut l'air et la chaleur en assemblant les deux premiers éléments, de manière à laisser apparaître des cavités plus ou moins fines pour l'air et à obtenir des proportions et une compacité telle que des conditions thermiques favorables se développent.

La manière de préparer le tas de compost lui donne, dès le début, une orientation qui déterminera toute son évolution. En assemblant les influences des éléments l'agriculteur apprendra à tenir compte de plus en plus consciemment de multiples relations. Ainsi, il peut mettre le processus de décomposition en harmonie avec les influences de l'environnement. Les forces agissant dans l'environnement peuvent également être nommées influences étheriques.

On tient compte de l'action de l'*éther de chaleur* en cherchant à obtenir un bon échauffement qui donnera l'impulsion de départ pour une bonne « refonte » des substances.

On tient compte de l'action de l'*éther de lumière* par le choix de l'emplacement qui garantit un bon ensoleillement ou ombrage, qui apporte le brise-vent adéquat, etc. Il s'agit en fait des conditions spatiales telles qu'on les comprend actuellement.

L'*éther chimique* ou *éther de son* (« Verwandlungszusammenhang ») agit dans les rythmes de l'environnement, dans le cours de la journée et de l'année. À cet égard, il faut surtout tenir compte, pour la préparation du tas, des saisons avec leurs différentes conditions météorologiques mais également du cours de la journée avec la formation de rosée, les rythmes de la lumière, les variations de température, le vent, etc. Il faut voir de quelle manière ces conditions agissent à l'endroit choisi.

Tout l'ensemble est baigné dans un éther de vie ou éther de sensation (Lebenszusammenhang). Grâce à celui-ci les tas bien préparés obtiennent la possibilité de développer une sorte de « vie spécifique », débutant avec le processus de chaleur.

Nous pouvons considérer trois niveaux :

- Les conditions physiques pour l'organisation interne du tas et pour son évolution sont créées par l'activité des éléments.
- Dans la collaboration des éléments, la vie se montre dans ses qualités étheriques.
- Ces dernières permettent à leur tour que, grâce à la diversité des êtres visibles de la nature, quelque chose puisse apparaître et agir ; quelque chose qui vit parmi ces êtres et leur est supérieur.

Si nous dirigeons notre regard sur les interrelations de vie dans ce règne intermédiaire nous pouvons découvrir des organes et des « rythmes de vie » (biographies). Dans ceux-ci nous pouvons essayer de découvrir des êtres qui ne s'incarnent pas physiquement et de manière bien délimitée. De tels êtres qui se révèlent dans la collaboration spécifique des éléments peuvent être appelés, à juste titre, des êtres élémentaires. Ils ne sont pas visibles physiquement. Nous pouvons nous attendre à ce que leur physionomie commence à nous

parler lorsque nous dirigeons notre regard intérieur sur l'image vivante que nous nous formons en regardant l'ensemble des phénomènes de la nature. En s'exerçant pas à pas, on peut ainsi élargir cette image à tout l'environnement.

Rudolf Steiner (1923) décrit ceci comme étant un chemin qui permet de nouvelle manière d'entrer en relation avec les êtres élémentaires, que l'on voyait autrefois en images personnifiées. La conscience moderne a besoin de cette nouvelle manière de voir pour reconnaître que, continuellement, apparaissent des êtres résultant des pensées humaines et des actes en découlant.

Ces êtres agissent en tant qu'êtres élémentaires comme nous l'avons esquissé. Ceux-ci établissent de façon autonome de nouvelles relations entre les phénomènes physiques du monde.

Il devient de plus en plus important de pouvoir discerner à l'avance quelle sorte d'être sera libérée par telle pensée ou telle action humaine, pour savoir si ces êtres agiront de manière destructrice ou constructive dans la nature ou la vie sociale. Les pensées et les actions résultant d'une aspiration à l'isolement créent, déjà par l'intention qui leur est sous-jacente, une possibilité d'action pour des êtres cherchant à détruire.

Par contre, si l'on recherche par ses pensées et ses actions à bien s'intégrer dans le cosmos, des êtres auront la possibilité d'agir de manière positive dans la nature et la vie sociale. Suivre consciemment le processus de compostage par l'observation peut particulièrement bien permettre de trouver la juste manière de voir l'influence des êtres élémentaires qui apparaissent dans ce processus naturel dirigé.

Le jardinier ou l'agriculteur a constamment à faire avec ces êtres. Par ses pensées et ses activités, il crée continuellement les conditions dans lesquelles de tels êtres élémentaires apparaissent et disparaissent. Ces êtres ont leur patrie dans le domaine que Rudolf Steiner (1904) nomme le monde de l'âme nous environnant ou le monde astral. On ne peut avoir directement accès à eux que par l'âme. Nous avons continuellement à faire avec leurs actions dans le monde des sens, mais, en général, nous ne le réalisons pas encore. Il est plus important de faire le premier pas dans la connaissance pour rendre ces êtres accessibles à la conscience plutôt que d'en parler de façon imprécise. Ceci peut même agir de manière nuisible ou sectaire dans le monde. Évidemment, il faut d'abord surmonter des barrières intérieures provenant de toutes sortes de préjugés. Toutefois, chacun peut diriger son regard dans la direction esquissée et apercevoir le principal. Apprenons ensuite à ouvrir de plus en plus les yeux face à ces êtres ; ainsi nous les rencontrerons partout dans la nature sous les aspects les plus divers.

L'utilisation des plantes pour les préparations et leurs processus de fabrication peuvent nous servir à nous préparer dans ce sens. On peut ainsi comprendre l'action des préparations ; on peut comprendre qu'elles participent au façonnement et à la sensibilisation de la vie cherchant à s'individualiser dans l'ensemble de la nature. Une « observation attentive de la nature » découlant de cette attitude nous aidera à utiliser les préparations de façon adéquate.

Selon ce que nous observons, nous avons à faire avec des esprits élémentaires isolés ou avec une diversité d'esprits élémentaires qui s'interpénètrent dans le processus de compostage ; ils nous apparaissent dans le façonnement des multiples interactions entre les éléments. Ces êtres commencent à s'incarner dans le tas de compost avec l'apparition de la chaleur.

Ainsi, le maraîcher ou l'agriculteur comprend toujours mieux comment il doit intervenir dans le processus de vie du tas de compost. Il sait également s'il doit retourner le tas pour donner une nouvelle orientation à son évolution ou s'il doit interrompre le processus à tel ou tel

stade pour obtenir une certaine humidité pour fumer un sol particulier. S'il interrompt le processus à la première phase, la décomposition devra se poursuivre dans le sol de manière métamorphosée ; la racine de la plante se trouvera en présence des premiers processus de foisonnement de la vie du tas. Par contre, si l'on laisse le processus de décomposition se poursuivre très longtemps, cette fumure permettra d'aider la vie du sol et les forces formatrices internes du sol à acquérir une plus grande stabilité. L'organe « sol » devient plus durable.

BIBLIOGRAPHIE

- Bockemühl, J (1956) : Die Apterygoten des Spitzberges bei Tübingen, eine faunistisch-ökologische Untersuchung. Zool. Jb. (Syst.) 84, 113-194.
- Bockemühl, J (1965) : Bildetendenzen bei Insekten am Beispiel der Collembolen. Elemente d. N. 3, 32-37.
- Bockemühl, J (1966) Metamorphosen der Bodentiere. Lebendige Erde 5, 206-212.
- Bockemühl, J (1977) Elemente und Ather-Betrachtungsweisen der Welt In : Erscheinungsformen des Atherischen, S.11-56. Stuttgart.
- Darwin, Ch (1881) : the formation of vegetable mould through the action of worms. London.
- Francé, R. H. (1922) : Das Leben im Ackerboden. Naturhistr. Conv. 34–N°18 Stuttgart.
- Gisin, H. (1952) : Okologische über die Collembolen des Blattkompostes. Rec. Suisse de Zool. 59, Nr 28, 542-578.
- Gisin, H ; (1960) : Collembolenfauna Europas. Genève.
- Pfennig, N. (1958) : Beobachtungen des Wachstumsverhaltens von Streptomyces auf Rossi-Cholodny-Aufwuchsplatten im Boden. Archiv f. Mikrobiologie, 31,206-216.
- Poppelbaum, H. (1936) : Tierwesenskunde. 2. Auflage, Dornach 1978.
- Steiner, R. (1904) Théosophie, Editions Triades, Paris
- Steiner, R. (1910) : La science de l'occulte. Éditions Triades, Paris.
- Steiner, R. (1920) Die Brücke zwischen der Weltgeistigkeit und göttlichen Sophia. Conférence du 17.12.1920 GA 202, Dornach.
- Steiner, R. (1923) Lebendiges Naturerkennen–Intellektueller Sündenfall und spirituelle Sündenerhebung. Conférences du 19. et 20.1.1923 GA 220, Dornach.
- Steiner, R. (1924) : Agriculture. Fondements spirituels de la méthode Bio-Dynamique. Éditions Anthroposophiques Romandes, 3^{ème} éditions 1984.
- Suchantke, A. (1965) : Metamorphosen im Insektenreich. Stuttgart.
- Tischler, W. (1965) : Agrarökologie. Jena

RENSEIGNEMENTS

Maison de l'agriculture bio-dynamique, 5 place de la Gare, 68 000 COLMAR
Tél. : 03.89.24.36.41 / Fax : 03.89.24.27.41 / www.bio-dynamie.org

Dr. Jochen Bockemühl
Forschungslaboratorium am Goetheanum
CH-4143 Dornach Suisse

Version française éditée par le Mouvement de Culture Bio-Dynamique Siège Social PARIS
Avec l'autorisation de Philosophisch-anthroposophischer Verla Goetheanum Dornach/Suisse
Cahier spécial de « Elemente der Naturwissenschaften N°29 1978/2
Traduction de FLORIN Jean-Michel.
Illustration de couverture tiré de « Le ver de terre au jardin » ULMER Wollgrasweg 41, 7000
Stuttgart 70

©Mouvement De Culture Bio-Dynamique
Édition spéciale novembre 1991
Supplément n°24 aux « lettres aux amis des champs et des jardins »
Dépôt légal novembre 1991 ISSN 0755–9690
Imprimé par nos soins
Toute reproduction intégrale ou partielle interdite (art. 425 et suivants de code pénal)