



# **Modifications du peuplement d'arthropodes d'une lande à ajoncs de Bretagne centrale induites par l'épandage de déchets ménagers broyés**

*Une approche préliminaire*

Dominique Duviard et Paul Trehen

*Station Biologique de Paimpont, 35380 Plélan-le-Grand*

## **RÉSUMÉ**

La structure, la dynamique et l'évolution du peuplement en arthropodes d'une lande à ajoncs sont fortement modifiées par l'épandage massif d'ordures ménagères broyées.

Les modifications du milieu sont à la fois d'ordre édaphique (apport de matière organique, transformation structurale), microclimatique (élévation de température au cours de la fermentation aérobie), floristique (colonisation du milieu modifié par une flore rudérale allochtone). Elles entraînent, au sein du peuplement autochtone d'arthropodes une sélection d'espèces détritiphages qui se concentrent sur le milieu transformé, y développent d'importantes populations, elles-mêmes capables de dispersion.

L'importance numérique des acariens Gamasida, des collemboles arthropléones, des diptères Sciaridae, Chironomidae, Phoridae, Scatopsidae, Haplostomata et des coléoptères Staphylinidae souligne bien la transformation fondamentale du peuplement de la lande témoin au cours d'une première année d'observation et d'expérimentation.

MOTS-CLÉS : *Arthropodes - Lande - Ordures ménagères broyées.*

## **SUMMARY**

In an heathland of central Brittany, the composition, dynamics and evolution of the arthropods communities are drastically modified by a massive spreading of crushed household refuse.

Changes of the environment affect the soil (increase of organic matter, alteration of soil structure), the microclimate (increase of temperature during aerobic fermentation), the flora (colonisation of the modified environment by an alien ruderal flora). Detritiphagous arthropods concentrate on the spreading area, and display strong population increases.

The numerical importance of Gamasida (Acarii), Springtails (Collembola), Sciaridae, Chironomidae, Phoridae, Scatopsidae, Haplostomata (Diptera), Staphilinidae (Coleoptera) are the main features compared to the community of arthropods of the original heathland.

KEY-WORDS: *Arthropods - Heathland - Crushed household refuse.*

## **A. — INTRODUCTION**

Au cours des dernières années, l'élimination des déchets ménagers a fait, en France, l'objet d'une série de mesures législatives destinées à en contrôler les conditions. Si, en milieu urbain, la solution adoptée est généralement l'incinération des

déchets, cette technique s'avère non rentable en milieu rural, ou dans le cas d'agglomérations urbaines de faible importance. On procède alors à la mise en place de « décharges contrôlées » — c'est-à-dire à l'enfouissement pur et simple des ordures ménagères — qui ne peut être qu'une solution provisoire. Encouragées par le Centre Technique du Génie Rural et des Eaux et Forêts, les communes ont recours, de plus en plus fréquemment, à l'implantation d'usines de broyage de déchets, qui peuvent ou non servir à la préparation d'un « compost » commercialisable auprès des agriculteurs. On prévoit généralement qu'avant 1990, la France sera recouverte d'un réseau serré d'usines de broyage (avec ou sans compostage), à raison d'un ensemble tous les 30 km environ.

Composté ou non à des fins commerciales, le broyat d'ordures ménagères est, au sortir de l'usine, épandu sur les zones de décharge réservées à cet usage par les autorités communales. En Bretagne, ces zones d'épandage sont constituées par des terrains considérés comme improductifs sur le plan agricole : zones humides de bas-fonds plus ou moins inondables l'hiver, marais en voie de comblement, ou au contraire zones de lande appauvries par des siècles de pratiques agricoles traditionnelles dont la mise en valeur n'est pas envisageable dans les conditions socio-économiques actuelles. Mais dans tous les cas, on ne s'est nullement préoccupé des conséquences pédologiques, hydrologiques et biologiques de telles pratiques.

Ce sont les effets de l'épandage de déchets ménagers broyés sur la faune arthropodologique d'une lande à ajoncs de Bretagne centrale qui sont étudiés dans cette publication, la première d'une série de travaux sur ce thème entrepris par notre laboratoire.

La structure et la dynamique des peuplements d'arthropodes des landes de la péninsule armoricaine a fait, déjà, l'objet d'un certain nombre de travaux (TREHEN, 1971; DEBROISE, 1973; GEORGES, 1973; BAILLIOT, 1975; BELLIDO, 1975; MOYAL, 1979), mais les effets d'un apport massif de matière organique sur ces milieux pauvres sont totalement inconnus.

L'épandage des déchets ménagers broyés sur une lande perturbe fondamentalement le fonctionnement de l'écosystème. Ces perturbations peuvent être reliées à des causes multiples et diverses :

— accumulation de matière organique capable d'entraîner une forte augmentation de la biomasse de décomposeurs;

— augmentation de la diversité des habitats liée à la très forte hétérogénéité dans la texture du produit broyé, dont les conséquences sur la diversité de la faune et de la flore ne sont pas connues;

— production de substances volatiles lors de la fermentation aérobie, ou anaérobie, capable d'une attractivité vis-à-vis de certaines espèces, et d'une répulsivité pour d'autres;

— création de microclimats liés aux thermophases, favorisant le cycle d'espèces animales et végétales étrangères, capable aussi d'accélérer le développement et la pullulation d'espèces et susceptible de causer des nuisances plus ou moins graves.

Les effets d'un tel épandage ne relèvent directement d'aucun mécanisme écologique connu, mais s'apparentent probablement à la coprophagie, la nécrophagie. On connaît par exemple l'action que peuvent y jouer des espèces telles *Eisenia foetida* Savigny, ou *Dendroboena octaedra* Savigny, lombriciens épigés coprophiles.

## B. — MÉTHODES

Sur une lande rase à bruyères et ajoncs, établie sur un haut de versant à pente faible, choisie comme milieu de référence, une surface de 20 × 10 m est recouverte d'une couche uniforme d'ordures ménagères broyées d'une épaisseur de 30 cm. L'épandage est effectué le 20 mars 1979. Les ordures ménagères sont livrées immédiatement après broyage et tamisage à la maille de 5 cm par l'usine de traitement de Gaël, située à 20 km de la station.

Trois types de pièges sont utilisés pour capturer les arthropodes présents dans les deux milieux étudiés : lande témoin et lande ayant reçu un épandage d'ordures broyées. Dans chacun des deux milieux sont mis en place :

— Six pièges de Barber (*pitfall traps*) destinés à capturer les arthropodes se déplaçant à la surface du sol. Les animaux capturés tombent dans un bocal rempli d'une solution saturée d'acide picrique. Les relevés sont hebdomadaires.

— Chaque semaine (ou deux fois par mois au moins), des plateaux colorés (pièges de Moericke : 30 × 30 × 10 cm, peints intérieurement en jaune, réf. Ripolin 514 (1), et remplis au 1/3 d'eau additionnée de teepol) sont mis en place. Dans chaque milieu, 3 bacs sont posés à même le sol, trois autres sont disposés sur des portoirs métalliques à 50 cm au-dessus du sol (niveau supérieur de la végétation graminéenne en fin de croissance). Ces pièges sont destinés à capturer les insectes en vol se déplaçant au-dessus des milieux prospectés. Le piégeage dure 24 heures consécutives par semaine.

— Quatre nasses d'émergence de 50 × 50 cm de surface de base sont mises en place dans chacun des deux milieux prospectés. Les serpentins de papier englué des tubes collecteurs sont prélevés une fois par semaine. Les nasses sont déplacées régulièrement chaque mois, afin d'éviter l'épuisement de la faune locale et d'en assurer le renouvellement.

L'ensemble des captures réalisées par ces différentes techniques est ensuite trié (au niveau de la famille, de la superfamille, voire du sous-ordre selon les cas) et compté à la loupe binoculaire.

## C. — LE MILIEU

Les recherches ont été effectuées sur le terrain de la Station Biologique de Paimpont. Déjà présentée dans de nombreuses publications (et en particulier : MASSE, 1962; TOUFFET, 1970; *Atlas de Bretagne*, 1975; FORGEARD, 1977), la station est située au cœur du massif forestier de Brocéliande, dans une vaste clairière où s'étiole aujourd'hui un peuplement humain autrefois actif. Le paysage anthropique de bocage entrecoupé d'affleurements rocheux, de landes à ajonc qui gagnent peu à peu sur les pâturages est cerné de toutes parts par la forêt dont la grande hétérogénéité reflète une très longue exploitation humaine (TREHEN, 1977). Au centre de la vaste clairière de Beauvais, qui forme un thalweg puissamment dessiné, coule la rivière Aff dont le cours se ralentit à la traversée de deux petits étangs artificiels. Ainsi le paysage est-il d'une grande complexité en raison de la variété de ses composantes, et des degrés divers d'évolution des éléments fragmentaires qui s'y juxtaposent. Cette diversité physionomique s'accompagne bien entendu d'une diversité floristique étonnante qui va du peuplement pauci-spécifique des lichens encroûtants sur roches dénudées à la structure complexe de la chênaie (FORGEARD, 1977).

Cependant, l'ensemble de ces milieux est puissamment régulé par des conditions climatiques qui, tout en subissant l'influence du proche océan, n'en sont pas moins rigoureusement contrastées. Les climatologues n'hésitent d'ailleurs pas à définir le climat du massif « montagneux » de Paimpont comme « alpin tempéré ». Le régime des précipitations s'y caractérise par des pluies abondantes d'octobre à avril, un minimum pluviométrique au cours des mois de juin à août. Rares cependant sont les mois sans aucune précipitation. Entre décembre et mars, les chutes de neige ne sont pas rares et si le thermomètre ne descend guère en moyenne au-dessous de - 5° C, les journées de gel sont beaucoup plus fréquentes sur le massif de Paimpont que dans les plaines environnantes. Enfin, une nébulosité importante (qu'il est malheureusement impossible actuellement de quantifier) diminue

(1)  $\lambda = 5\ 800 \text{ \AA}$ .

considérablement l'insolation annuelle. On peut dire, en simplifiant un peu, qu'à un court été sec, chaud, ensoleillé et souvent orageux, succède une longue saison pluvieuse et fraîche, peu ensoleillée, parfois franchement froide (fig. 1).

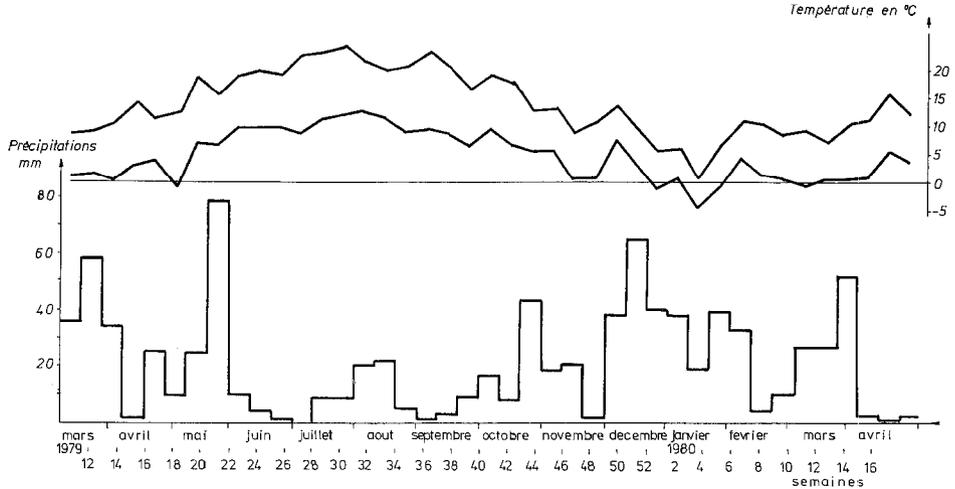


FIG. 1. — Données climatiques enregistrées à la Station biologique de Paimpont pendant la période étudiée. En haut : courbes des températures maxima et minima moyennes décennales. En bas : histogramme des précipitations décennales.

#### D. — LES RÉSULTATS

Dès l'épandage de broyat d'ordures ménagères sur la lande témoin, le milieu subit une transformation fondamentale. La végétation naturelle et le sol sont recouverts d'une couche de 30 cm d'épaisseur de déchets dont la teneur en matière organique est élevée. Une activité bactériologique intense prend place, dont le signe le plus révélateur est l'élévation prolongée de la température, qui traduit une importante fermentation. Un maximum de 55° C est enregistré au sein du broyat d'ordures, alors que la température de surface du sol de lande n'est que de 5° C. Le contraste est vif entre la lande, couverte de neige en cette fin mars 1979, et l'épandage « fumant ». Au bout d'un mois, cependant, la température du broyat a diminué et ne subira plus que des variations très comparables, en valeurs et amplitudes, à celles observées dans le sol de lande témoin (fig. 2).

Bien entendu, toute végétation naturelle est détruite sous la couche d'ordures broyées, et pendant des mois, la surface du broyat ne subira guère de modifications physiologiques. A la fin du mois de mai, apparaissent de multiples carpophores de coprins (*Coprinus* sp.), et çà et là, quelques germinations de plantes rudérales. Il faudra attendre le milieu de l'été pour voir se développer toute une flore adventice, couvrant approximativement 65 à 70 % de la surface de l'épandage. Le broyat s'est considérablement tassé sur lui-même (les précipitations jouent un rôle important dans ce tassement; DE BLIGNIÈRES, 1980). A l'automne apparaissent les premières plantules de rudérales bisannuelles et de nombreuses germinations de graminées. Le tableau I donne la composition floristique de cette parcelle de lande enrichie

en matière organique après six mois d'évolution sans intervention humaine. Il apparaît clairement à son examen que la presque totalité de cette nouvelle flore est d'origine exogène (graines présentes dans les déchets ou véhiculées par le vent et/ou les animaux et ayant trouvé dans ce substrat riche en matière organique de bonnes conditions de développement).

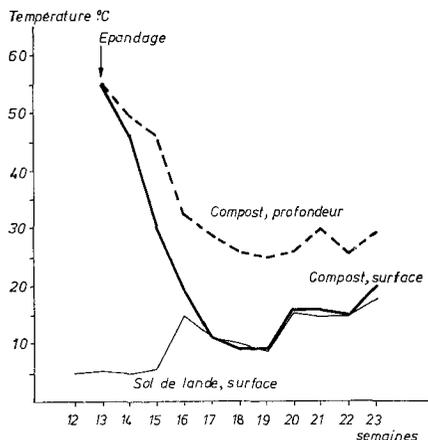


FIG. 2. — Évolution de la température (moyenne hebdomadaire) en surface de sol de lande (trait fin), en surface du broyat d'ordures ménagères épandu sur lande (trait gras continu) et en profondeur de ce dernier substrat (30 cm sous la surface de départ; tireté gras).

TABLEAU I

Inventaire des espèces végétales recensées  
sur déchets ménagers broyés six mois après épandage (14-09-1979).

<i>Atriplex patulus</i> ,	chénopodiacées
<i>Rumex acetosa</i> ,	polygonacées
<i>Polygonum aviculae</i> ,	polygonacées
<i>Senecio vulgaris</i> ,	composées
<i>Matricaria inodora</i> ,	composées
<i>Taraxacum sp.</i> ,	composées
<i>Tritium vulgare</i> ,	graminées
<i>Avena sativa</i> ,	graminées
<i>Lolium multiflorum</i> ,	graminées
<i>Solanum lycopersicum</i> ,	solanées
<i>Epilobium angustifolium</i> ,	œnothéracées
<i>Potentilla tormentilla</i> ,	rosacées

Parallèlement, en dehors de la croissance végétative annuelle, la lande témoin, où dominent *Ulex europaeus*, les bruyères *Erica cinerea* et *Calluna vulgaris*, les graminées *Agrostis setacea* et *Molinia caerulea*, n'a pas subi de transformation notable au cours de la période considérée.

De mars 1979 à avril 1980, soit au cours de 13 mois de piégeage, plus de 452 000 arthropodes ont été capturés et dénombrés.

La comparaison des deux milieux prospectés révèle d'emblée une différence quantitative et qualitative fondamentale des deux peuplements. Alors que 24 055 arthropodes, dont 127 acariens et 7 273 collemboles (arthropléones + symphipléones) ont été capturés dans la lande témoin, en lande enrichie en matière organique le total des captures s'élève à 427 968, dont 117 599 acariens et 226 049 collemboles (arthropléones + symphipléones). Les captures, 5,06 fois plus nombreuses en lande + broyat d'ordures qu'en lande témoin révèlent également que l'ensemble acariens + collemboles représente 80,29 % des effectifs dans le premier cas, contre 30,7 % seulement dans le second.

L'examen des résultats détaillés des piégeages révèle que si la lande enrichie en matière organique abrite un peuplement arthropodien plus abondant que la lande témoin, la structure de ces deux peuplements diffère sensiblement : l'augmentation des effectifs d'un groupe taxonomique donné ne correspond pas obligatoirement à une importance relative comparable de ce groupe dans les deux peuplements (tableau II, fig. 3 et 4).

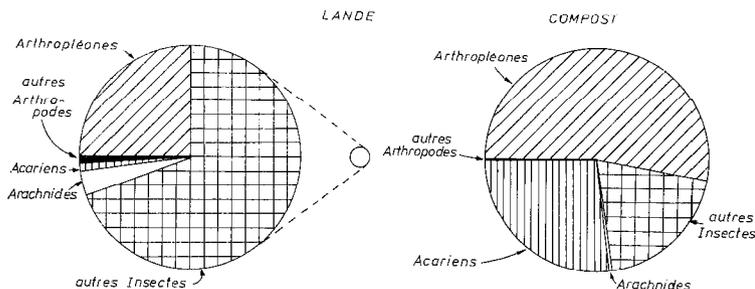


FIG. 3. — Importance relative des divers groupes d'arthropodes capturés en lande (à gauche, le cercle a été agrandi afin que ses divisions soient lisibles) et en lande enrichie par épandage d'ordures ménagères broyées (à droite : compost). L'importance relative des deux peuplements est indiquée par les diamètres respectifs des cercles.

Néanmoins, alors que les effectifs de nombreux groupes d'insectes restent à peu près identiques dans les deux milieux prospectés (blattes, Myrmeleonidae, Scarabaeidae, Mycetophilidae, Stratiomyidae, Thecostomates, etc.), d'autres deviennent moins abondantes sur la lande enrichie en matière organique que sur la lande témoin (Gryllidae, carabiques, Phoridae, Dolichopodidae, Apoidea, Tingidae...); quelques groupes subissent une augmentation prodigieuse de leurs effectifs dans la lande enrichie : 925 fois plus d'acariens, 37 fois plus d'arthropléones, 8,7 fois plus de staphylins, 85 fois plus de Scatopsidae, 27 fois plus de Sciaridae, 15,6 fois plus d'Empididae, 21 fois plus de Proctotrypoidea, 3,3 fois plus d'aphides.

Cependant, tant que la détermination des arthropodes capturés n'aura pu être faite au niveau spécifique (ce travail est en cours pour plusieurs groupes : Arachnidae, collemboles, diptères Sciaridae, Chironomidae, Empididae), il sera impossible d'analyser avec plus de précision les différences qui existent certainement dans la composition des deux peuplements.

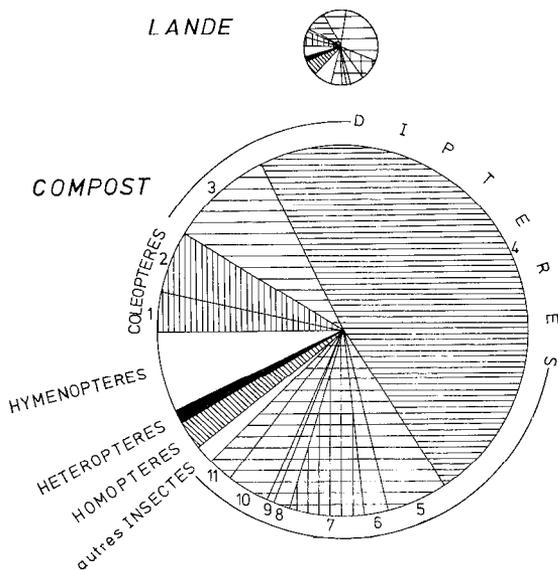


FIG. 4. — Composition et importance relative des peuplements entomologiques (collemboles non compris) de la lande (en haut) et de la lande enrichie par épandage d'ordures ménagères broyées (en bas : compost). 1. Coléoptères divers; 2. *Staphilinidae*; 3. *Scatopsidae*; 4. *Sciaridae*; 5. *Chironomidae*; 6. *Phoridae*; 7. *Haplostomata*; 8. *Thecostomata*; 9. *Syrphidae*; 10. *Empididae*; 11. Autres diptères.

#### ÉVOLUTION COMPARÉE DE QUELQUES PEUPEMENTS

Sans pouvoir donc analyser dans le détail la structure des peuplements et leur évolution, l'examen des variations d'effectifs d'arthropodes capturés à l'aide des trois techniques de piégeage utilisées devrait permettre de cerner un certain nombre de phénomènes et de poser au moins le problème du ou des facteurs déterminant la composition et les fluctuations de ces peuplements.

##### *Cas des aphides* (fig. 5)

Le cas des aphides est relativement simple. Ces insectes ne sont capturés qu'en phase ailée par les plateaux colorés et on ne les trouve ni dans les pots de Barber ni dans les nasses d'émergence.

Les fluctuations des captures montrent une grande similitude dans les deux milieux prospectés : les insectes apparaissent assez tard (mai), sont capturés en grand nombre de juin à septembre, puis les effectifs diminuent et ils disparaissent en fin d'automne.

Le nombre d'insectes capturés est de manière générale plus important au-dessus de la lande enrichie qu'au-dessus de la lande témoin.

##### *Cas des Staphylinidae* (fig. 6)

Présents dans les 4 séries de pièges, ces petits coléoptères sont surtout abondants dans les pièges Barber et les plateaux colorés posés sur le sol. Ils sont capturés en

TABLEAU II

Inventaire des arthropodes capturés sur lande et lande enrichie en matière organique.

	Lande					Lande + épandage d'ordures ménagères broyées				
	Barber	PJ 0	PJ 50	Nasses	Total	Barber	PJ 0	PJ 50	Nasses	Total
Cloportes.....	42				42	3				3
Myriapodes.....	28				28	4				4
Pseudoscorpions.....	9		1		10					
Acariens.....	114	8	5		127	85 850	31 700		49	117 599
Arachnides.....	729	101	43	1	874	450	88	50	20	608
Opilionides.....	31	11	2	1	45	53	5			58
Collemboles										
Arthropléones.....	2 883	1 914	109	1 104	6 010	119 000	98 687	10	7 755	225 452
Symphipléones.....	509	663	62	29	1 263	292	302	2	1	597
Thysannoures.....	22				22	3				3
Blattodea.....	4		2	1	7	2	2	1		5
Libellules.....			2		2					
Acridoïdea.....	47	52		4	103	31	20	3		54
Tetrigidae.....	74	15			89	23	10	2		35
Gryllidae.....	15	2			17	4				4
Phaneropteridae.....			2		2					
Myrmeleonidae.....	2				2	2				2
Psocidae.....	3	16	21	1	40		14	12	2	28
Thrips.....	3	453	262		718		256	76	1	333
Forficulidae.....	10	2			12		2			30
Raphidioptères.....			2		2					
Panorpidae.....		3	2		5					
Lépidoptères.....	2	26	31	3	62	1	20	14		35
Microcoléoptères divers.....	67	77	50	13	207	913	345	160	2	1 420
Carabiques.....	173	4	3		180	66	1			67
Cicindelidae.....		1			1	2				2
Dytiscidae.....	1				1					
Scarabaeïdae.....		2	5		7	4				4
Curculionidae.....	16	75	69		160		29	16		45
Edemeridae.....			17		17		1	5		6
Coccinellidae.....			2		2	3				3
Staphylinidae.....	329	110	68	7	514	3 220	949	278	31	4 478

Diptères Diptères	5	5	57	15	82	219	620	540	5 596	6 975
Scatopsidae	5	9	13		27	12	30	23		65
Tipulidae		11	11	1	23	1	14	2	3	20
Mycetophilidae		102	79	4	185	39	378	254	468	1 139
Cecidomyiidae	550	403	215	344	1 512	13 879	9 858	1 008	16 165	40 888
Sciariidae	4	657	915	41	1 617	125	500	654	3 937	5 216
Chironomidae			8		8		35	67	30	132
Ceratopogonidae		9	13	3	25		100	37	13	150
Psychodidae	37	2 124	2 412	33	4 606	112	1 312	357	157	1 938
Phoridae	12	717	626	118	1 473	514	3 988	708	1 746	6 956
Haplostomata	6	570	390	8	974	66	433	259	14	772
Thecostomata		110	124		234	11	82	35		128
Syrphidae		3	3		6		3	8		11
Stratyomyiidae	31	48	101	19	199	1 633	596	86	788	3 103
Empididae	5	142	96	3	246	1	45	14	3	63
Dolichopodidae		4	1	1	6		4			4
Asilidae		4			4					
Conopidae		4			4					
Pipunculidae		4			4					
Hyménoptères Tenthredinoïdes	1	21	28		50		6	4		10
Apoidea	10	62	59		131		25	20		45
Vespoidea		2			2		1	1		2
Formicides	28	13	7		48	136	16	2		154
Sphecoïdea	3	42	12	1	58		13	2		15
Ichneumonoïdea	9	68	88	8	173	2	181	40	1	224
Proctotrypoïdea	41	121	60	3	225	2 819	1 779	111	22	4 731
Chalcidoïdea	28	258	170	10	466	217	407	89	1	714
Cynipoïdea		4	21		25		13	5		18
Pompiloïdea	5	32	12		49		4			4
Chrysidae		2	3		5			1		1
Homoptères Aphidoïdea	5	237	214		456	25	464	320		1 523
Psyllidae		5	5		10		2	7		9
Cercopidae	5	8	7		20	2	56	10		68
Jassidae	24	216	43	5	288	19	155	30	1	205
Delphacidae		4	8		12					
Hétéroptères Tingidae	92	1			93	35				35
Anthocoridae	18	9	10		37	4	44	22		70
Lyctocoris campestris						1 560				1 560
Autres Lygaeidae	20	3	1		24	1				1
Pyrrhocoridae	5		1		6					
Pentatomidae	3				3					
Reduviidae	4				4					

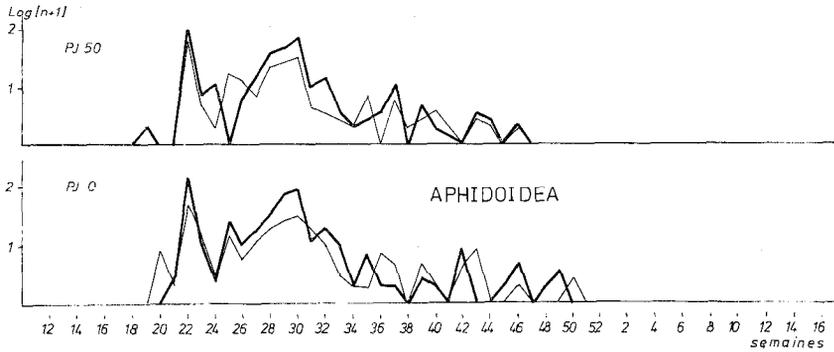


FIG. 5. — Évolution des captures d'aphides ailés en lande (trait fin) et lande enrichie (trait gras). Comme pour toutes les figures suivantes, les effectifs réels sont remplacés par la valeur de  $\log(n+1)$  où  $n$  est le nombre de captures pour une période de piégeage donné. *PJ 0* : piège jaune posé au sol; *PJ 50* : piège jaune placé 50 cm au-dessus du sol.

petits nombres dans la lande témoin, mais dès l'épandage du broyat d'ordures ménagères, leur présence, très rapidement abondante, se remarque sur la lande enrichie où leurs effectifs se maintiennent à un très haut niveau pendant une grande partie de l'année, diminuant cependant au cours des mois froids. Quelques captures

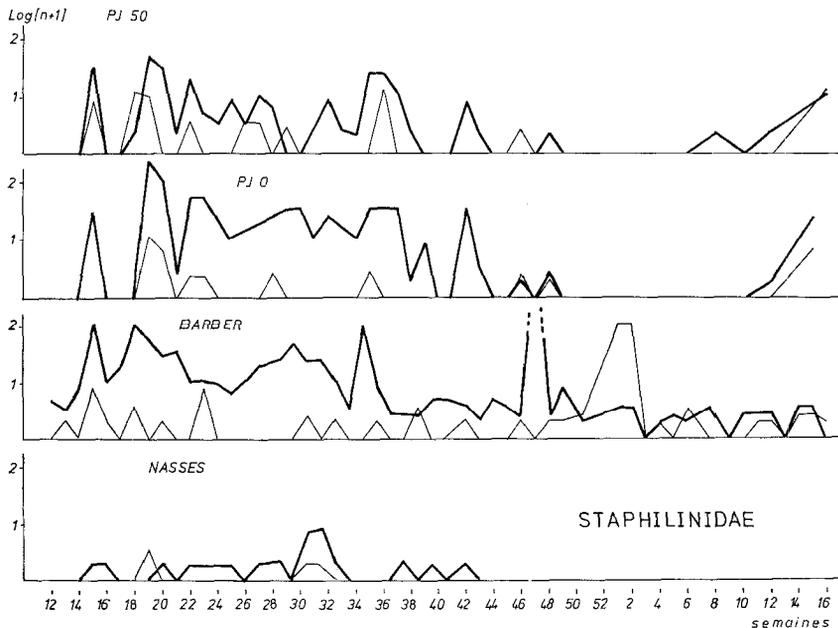


FIG. 6. — Évolution des captures de staphylinidae en lande (trait fin) et lande enrichie (trait gras) à l'aide des 4 types de pièges utilisés : pièges jaunes posés au sol (*PJ 0*) ou placés 50 cm au-dessus de celui-ci (*PJ 50*), pots de Barber, nasses d'émergence.

sont réalisées par les nasses d'émergence, surtout en lande enrichie; mais les nasses ne peuvent être considérées comme une bonne technique d'échantillonnage de ce groupe d'insectes.

#### Cas des collemboles arthropléones (fig. 7)

L'absence quasi totale de ces petits insectes sauteurs dans les pièges jaunes placés 50 cm au-dessus du sol ne saurait surprendre. Présents toute l'année sur la lande témoin, ces insectes sont particulièrement bien capturés par les pots de Barber, mais leurs effectifs dans les pièges jaunes posés sur le sol sont parfois impressionnants.

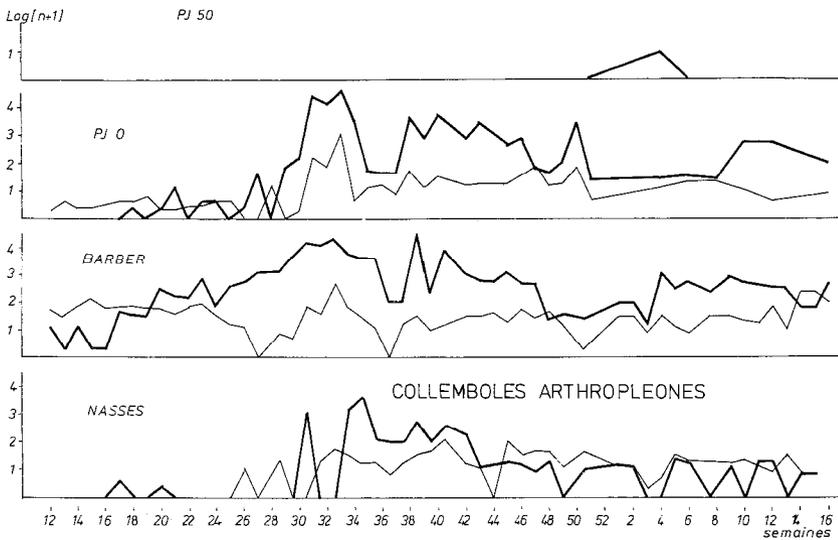


FIG. 7. — Évolution des captures de collemboles arthropléones en lande (trait fin) et lande enrichie (trait gras) à l'aide des 4 types de pièges utilisés : pièges jaunes posés au sol (*PJ 0*) ou placés 50 cm au-dessus de celui-ci, pots de Barber, nasses d'émergence.

Deux mois environ après l'épandage de broyat, leurs effectifs sur ce milieu enrichi égalent ceux de la lande témoin, puis les dépassent pour atteindre des valeurs très élevées. Cependant, à l'entrée de l'hiver, cette différence s'estompe sensiblement sans toutefois s'annuler totalement; mais pendant les mois froids, les émergences de jeunes collemboles sont plus importantes dans le milieu témoin que sur la lande enrichie de compost. Mais comme pour les Staphylinidae, les nasses d'émergence ne sauraient donner de l'abondance réelle des collemboles une appréciation suffisante.

#### Cas des diptères (fig. 8 à 12)

Parmi les diptères, brachycères orthorrhaphes tels les Empididae, les cyclorrhaphes haplostomates, les nématocères Sciaridae, Scatopsidae, Chironomidae, subissent des fluctuations annuelles d'abondances qui paraissent similaires. Tous ces groupes sont représentés dans la lande témoin, où leur activité est essentiellement printanière et estivale, avec une diminution progressive au cours de l'automne et de la période la plus froide de la période observée.

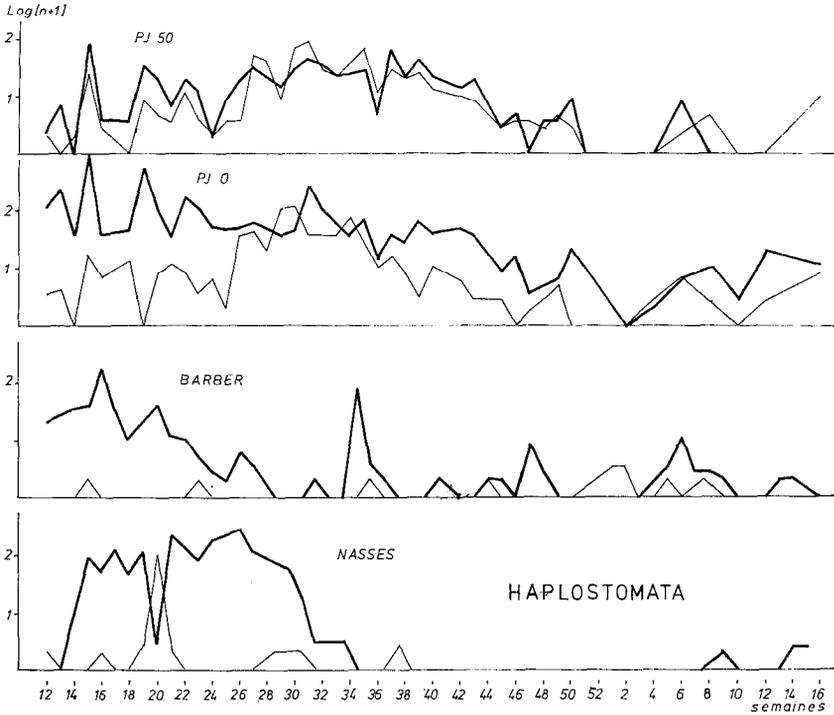


FIG. 8. — Évolution des captures de diptères haplostomata en lande (trait fin) et lande enrichie (trait gras) à l'aide des 4 types de pièges utilisés : pièges jaunes posés au sol (*PJ 0*) ou placés 50 cm au-dessus de celui-ci (*PJ 50*), pots de Barber, nasses d'émergence.

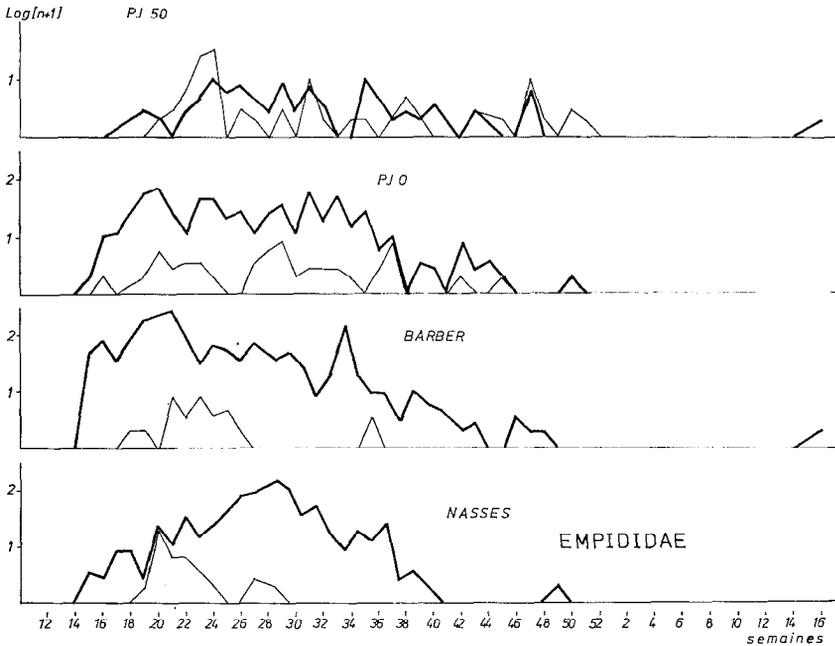


FIG. 9. — Évolution des captures d'empididae en lande (trait fin) et lande enrichie (trait gras) à l'aide des 4 types de pièges utilisés : pièges jaunes posés au sol (*PJ 0*) ou placés 50 cm au-dessus de celui-ci (*PJ 50*), pots de Barber, nasses d'émergence.

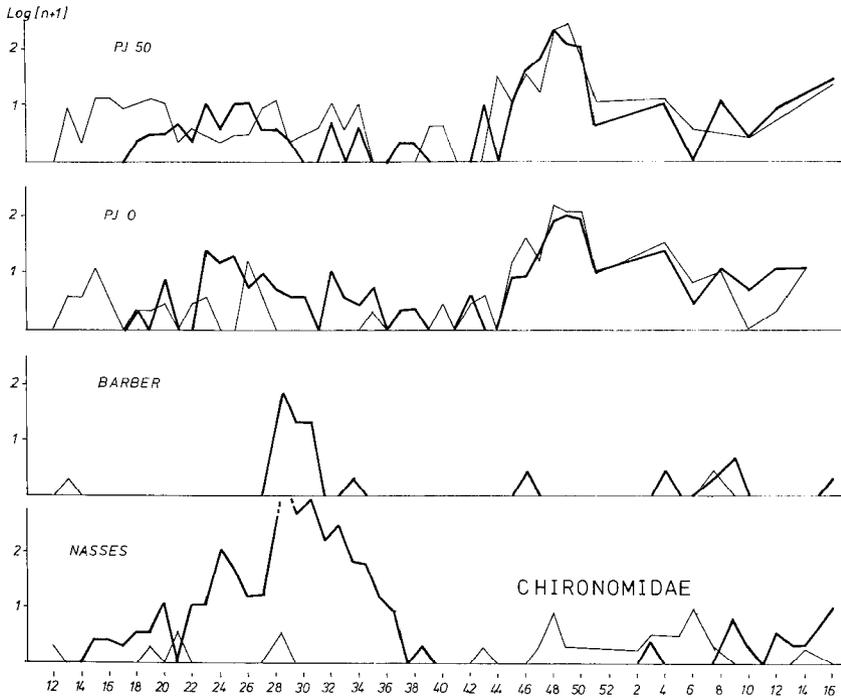


FIG. 10. — Évolution des captures de chironomidae en lande (trait fin) et lande enrichie (trait gras) à l'aide des 4 types de pièges utilisés : pièges jaunes posés au sol (*PJ 0*) ou placés 50 cm au-dessus de celui-ci (*PJ 50*), pots de Barber, nasses d'émergence.

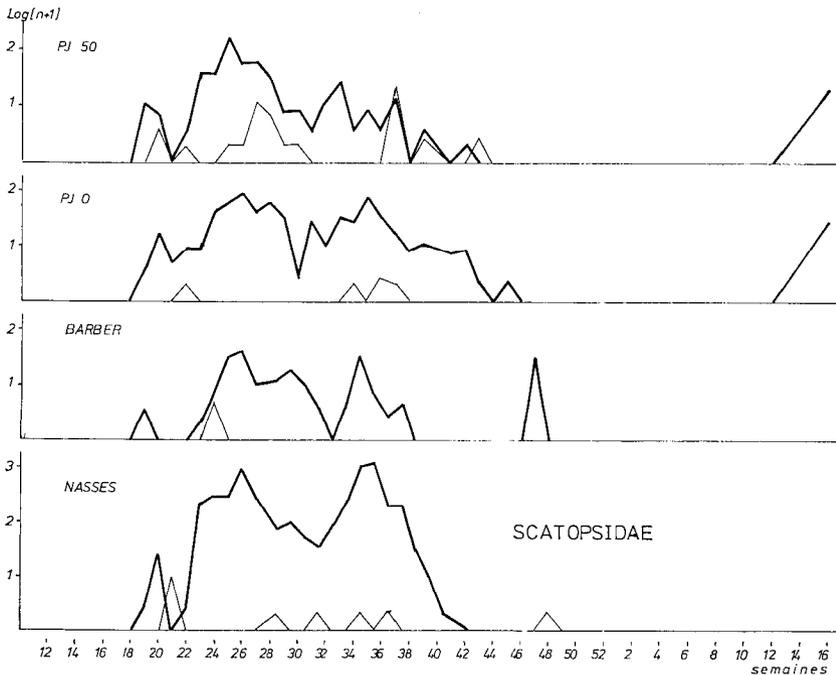


FIG. 11. — Évolution des captures de scatopsidae en lande (trait fin) et lande enrichie (trait gras) à l'aide des 4 types de pièges utilisés : pièges jaunes posés au sol (*PJ 0*) ou placés 50 cm au-dessus de celui-ci (*PJ 50*), pots de Barber, nasses d'émergence.

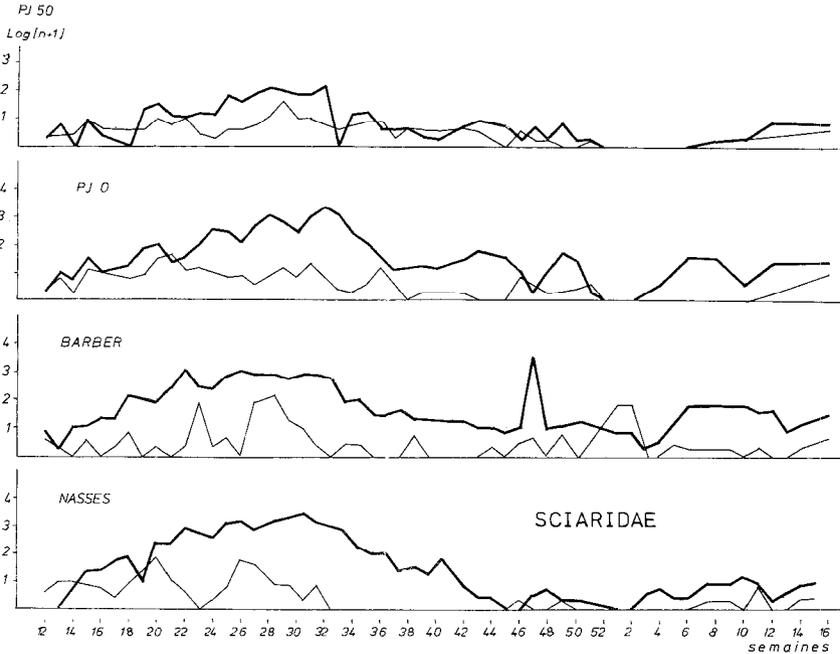


FIG. 12. — Évolution des captures de sciaridae en lande (trait fin) et lande enrichie (trait gras) à l'aide des 4 types de pièges utilisés : pièges jaunes posés au sol (*PJ 0*) ou placés 50 cm au-dessus de celui-ci (*PJ 50*), pots de Barber, nasses d'émergence.

Les émergences maximales des chironomides de la lande témoin ont lieu au printemps et en automne, mais pas en période estivale, contrairement à ce qui est observé dans la zone enrichie.

Cependant, si certains groupes (Empididae, Chironomidae, Sciaridae) sont bien représentés dans les captures réalisées par les nasses d'émergence placées sur la lande témoin, d'autres (haplostomates, Scatopsidae) sont très peu abondants dans ces mêmes pièges. Par contre, en milieu « enrichi », on observe dans tous les cas des périodes d'émergence intenses et prolongées, mais non synchrones, pour l'ensemble de ces diptères. Ce sont tout d'abord les haplostomates qui apparaissent dans les nasses d'émergence (début avril à début août), puis les Empididae (mi-avril à mi-septembre), les Chironomidae (mai à mi-septembre), puis à nouveau à partir de mars de l'année suivante), les Scatopsidae (juin à octobre), et enfin les Sciaridae dont les émergences sont précoces (avril) et se poursuivent toute l'année, avec un « creux » marqué entre octobre et janvier.

Dans tous les cas, ces diptères présentent des effectifs beaucoup plus élevés dans la lande enrichie par apport de matière organique que dans la lande témoin. Mais l'efficacité des divers types ou niveaux de piégeage varie beaucoup d'un groupe taxonomique à l'autre, ou, pour un même groupe taxonomique, d'une période à l'autre. Ceci, d'ailleurs, ne saurait surprendre (ROTH, 1971; BAILLIOT & TREHEN, 1974).

On constate par exemple que les pièges Barber ne capturent efficacement les haplostomates qu'au moment où leurs émergences sont abondantes; que si, au niveau du sol, les Empididae sont plus nombreux sur compost qu'en lande témoin dans les pièges jaunes, à 50 cm au-dessus du sol, les effectifs sont à peu près identiques, alors que, chez les Chironomidae, il n'existe pas, pour les mêmes séries de pièges, de différences sensibles d'un niveau ou d'un milieu à l'autre; que les seules captures notables de Scatopsidae en lande témoin sont réalisées à 50 cm au-dessus du sol par les pièges jaunes.

Cependant, ces observations très générales devront certainement être nuancées lorsque les insectes capturés auront pu être déterminés avec précision. Les travaux actuellement en cours montrent que chez les Chironomidae, par exemple, l'espèce *Camptocladius stercorarius* Degeer n'est capturée que sur l'épandage de déchets broyés (DUVIARD & DELETTRE, en prép.). La composition des peuplements de Sciaridae diffère également d'un milieu à l'autre, et l'espèce *Bradysia moestula* Tuomik. n'est, elle aussi, recensée que sur l'épandage, où elle abonde (DUVIARD & BAILLIOT-DELEPORTE, en prép.).

Dans le cas des Empididae, dont la détermination est très avancée (DUVIARD & BLANCHET, en prép.), la composition du peuplement de la lande diffère totalement de celui observé sur l'épandage des ordures broyées : si *Coptophlebia vitripennis* Mg. effectue la totalité de son cycle sur la lande à ajoncs, au même titre qu'*Empis praevia* Coll., *Hilara pilosa* Ztt. et *H. manicata* Strbl. nec Mg. ne semblent être que de passage dans ce milieu; mais les captures massives effectuées sur l'épandage de déchets broyés ne concernent en fait que deux espèces du genre *Crossopalpus*: *C. humilis* Frey et *C. nigrifella* Ztt.

#### Cas du Lygaeide *Lyctocoris campestris* Fabricius (fig. 13)

Ce petit Lygaeide n'est pas représenté dans les captures effectuées en lande témoin. Par contre, sur compost, il est piégé en très grand nombre à l'aide des pots de Barber, pendant une semaine de la fin août 1979. Adultes et larves de divers stades sont représentés; puis l'insecte « disparaît » aussi brutalement qu'il était apparu, un seul adulte étant à nouveau capturé en novembre de cette même année.

L'espèce est habituelle des débris végétaux, des litières et sa présence dans les ordures ménagères broyées n'est pas étonnante. Elle est considérée comme prédatrice, notamment de l'anthocoride *Xylocoris* sp. Or, *Xylocoris galactinus* Fieber a été trouvé en nombre, dans un tel milieu (décharge de Châteaubriant; EHANNO, comm. pers.).

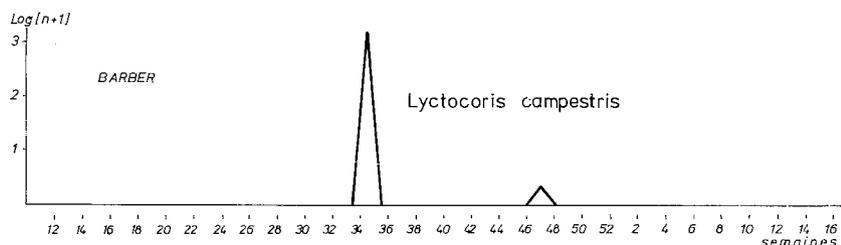


FIG. 13. — Évolution des captures du lygaeide *Lyctocoris campestris* en lande (trait fin) et lande enrichie (trait gras) à l'aide des 4 types de pièges utilisés : pièges jaunes posés au sol (PJ 0) ou placés 50 cm au-dessus de celui-ci (PJ 50), pots de Barber, nasses d'émergence.

## E. — DISCUSSION

## ARTHROPODES DONT LES EFFECTIFS NE VARIENT PAS, OU DIMINUENT APRÈS MODIFICATIONS DU MILIEU

La disparition brutale de la couverture végétale de la lande et son lent remplacement par une flore totalement différente se traduisent, sur le plan faunistique, par la raréfaction ou la disparition totale de certains groupes d'insectes phytophages : acridiens, Tetrigidae, Curculionidae, Oedemeridae, Delphacidae, Tingidae, tenthrédes.

On observe également une importante diminution d'effectifs des insectes floricoles, comme les Thrips, Syrphidae, lépidoptères divers, Apoïdea.

Les prédateurs et certains parasites ne sont pas favorisés par les modifications subies par la lande comme le montre la chute des nombres de captures des arachnides, carabiques, cicindèles, Dolichopodidae, Sphecoidea, Pompiloidea, Ichneumonoidea, Reduviidae.

Enfin, certains insectes classiquement considérés comme détritiphages ne trouvent pas, dans l'énorme amas de déchets épandus, une source de nourriture répondant à leurs besoins. Leurs effectifs régressent très nettement par rapport à ceux de la lande témoin. Il s'agit des collemboles symphipléones, des thysannoures, des Phoridae, des thecostomates.

## ARTHROPODES DONT LES EFFECTIFS AUGMENTENT APRÈS MODIFICATION DU MILIEU

L'augmentation considérable des effectifs de captures d'arthropodes dans la lande modifiée par épandage d'ordures ménagères broyées est donc, nous l'avons vu, liée au développement numérique de quelques groupes taxonomiques particuliers. Mais la signification de cet accroissement n'est pas la même selon les groupes considérés.

Dans le cas des Aphidoïdea, par exemple, on observe, nous l'avons vu, un parallélisme étroit des courbes de piégeage en lande témoin et en lande enrichie. Dans ce dernier milieu, les effectifs de captures sont 3,3 fois plus importants. Diverses hypothèses peuvent être avancées pour rendre compte de ce fait; il peut s'agir simplement d'une efficacité plus grande des pièges jaunes dans un environnement différent. ROTH (1971) a en effet clairement démontré l'influence du contraste piège-environnement immédiat sur l'attractivité des bacs jaunes. Il peut s'agir aussi d'une concentration réellement plus importante des aphides, « dérivant » naturellement au-dessus de la lande, dans le contexte floristique de la lande enrichie : présence de plantes-hôtes potentielles des pucerons, attractivité plus importante d'un sol partiellement dénudé (ROTH, 1971; DUVIARD *et al.*, 1973) pour les aphides en vol. Mais seule une étude précise et une détermination au niveau spécifique des espèces capturées permettraient de répondre à ces questions. De toute manière, il s'agit d'un effet secondaire de l'apport de matière organique sur la lande.

Un cas quelque peu similaire, quoique plus accentué, est celui des Staphylinidae, 8,7 fois plus abondants en lande enrichie qu'en lande témoin.

Colonisant rapidement le milieu neuf que constitue l'épandage de déchets ménagers broyés, les staphylins trouvent probablement là une source alimentaire d'importance : se nourrissant de petits animaux vivants ou morts, de champignons, de déchets végétaux, il n'est pas surprenant que ces insectes détritivores ou carnivores trouvent, sur les déchets broyés, une véritable provende. Capturés surtout

au niveau du sol (pots de Barber, pièges jaunes posés sur le sol), il semble qu'on puisse imputer — au moins partiellement — à leur capacité de vol, la colonisation de la lande enrichie (captures par les pièges jaunes 50 cm au-dessus du sol). La question de savoir si ces coléoptères se reproduisent dans le broyat d'ordures en voie de compostage reste entière et devrait faire l'objet d'investigations particulières.

Plusieurs groupes d'insectes, capturés en nombre plus important sur l'épandage que sur la lande se reproduisent dans ce milieu enrichi en matière organique, et après une vie larvaire endogée, leurs imagos néonates sont capturés en abondance par les nasses d'émergence.

En ce qui concerne le groupe très vaste des diptères Haplostomata, la colonisation du nouveau milieu est extrêmement précoce. Dans les jours qui suivent l'épandage de broyat, les pièges jaunes (surtout au niveau 0) et les pots de Barber enregistrent des captures qui deviennent rapidement abondantes et dont l'importance ne sera égalée, en lande témoin, qu'au retour de l'été, trois mois plus tard. Par la suite, les résultats des piégeages dans les deux biotopes se confondront.

Dès le début du mois d'avril, soit quinze jours après l'épandage de broyat, les émergences d'haplostomates débutent sur celui-ci, atteignant rapidement un plateau élevé (une centaine d'individus par mètre carré et par semaine), qui se maintiennent jusque fin juillet, puis diminuent très rapidement et cessent totalement. Faute de déterminations plus précises, il est difficile pour l'instant de tirer des conclusions de ces données. Néanmoins, la rapidité de l'exploitation du milieu, malgré ou peut-être grâce à la température anormalement élevée qui y règne, doit être notée. Une étude approfondie des groupes concernés (parmi lesquels les Drosophilidae bactériophages trouvent certainement leur place) montrera probablement l'existence d'une succession rapide d'espèces aux comportements et aux niches écologiques étroitement définies, comme l'ont bien mis en évidence les travaux de LACHAISE (1974) sur la colonisation des fruits en voie de décomposition dans les forêts-galeries de Côte-d'Ivoire centrale.

L'existence, au mois de mars, d'une activité de vol des Haplostomata en lande témoin montre en tout cas que les groupes intéressés sont présents et actifs à cette période de l'année dans le milieu, et que l'apparition d'une source alimentaire importante attire et concentre sur elle les insectes capables de l'utiliser.

A travers l'exemple des Haplostomata, comme à travers ceux des autres groupes de diptères, pour lesquels des observations générales similaires peuvent être faites, se pose en réalité la question de la provenance exacte des diverses espèces, et celle, non moins essentielle, des possibilités de dispersion; l'activité de vol des insectes joue le plus souvent un rôle de mise en suspension de l'animal dans le fluide atmosphérique dont les mouvements propres déterminent, pour une grande part, les possibilités de déplacements des individus (JOHNSON, 1969; TAYLOR, 1974; COUTURIER & DUVIARD 1976). Dans ces mêmes milieux de lande de la Station biologique de Paimpont, VERNON (1978) a montré que le dépôt de faibles quantités de matière organique en décomposition (en l'occurrence des cadavres de mulots) était capable d'attirer toute une faune spécifique dont la présence n'est pas décelée par ailleurs dans les milieux étudiés. L'idée d'une sorte de « dérive » générale de la faune entomologique ailée (au moins lors de la phase physiologique propice à une intense activité de vol; phase migratoire de JOHNSON, 1969) au-dessus d'une région donnée semble peu à peu confirmée par les observations les plus diverses. De cette masse d'insectes en vol (dont la provenance exacte n'a plus, en réalité, grande importance), les espèces seront extraites par les stimuli sélectifs (optiques, olfactifs ou autres) émis par les

biotopes colonisables qui se présentent au hasard de la dérive de la faune en vol. Ainsi s'explique cette concentration progressive des espèces colonisatrices sur un biotope qui ne représente qu'une fraction extrêmement réduite de l'environnement.

## F. — CONCLUSIONS

L'épandage des déchets ménagers broyés, en transformant radicalement l'environnement biologique et microclimatique de la lande choisie comme milieu de référence, entraîne des modifications profondes de son peuplement en arthropodes. Il est intéressant de rapprocher nos premières observations du schéma de chaîne alimentaire proposé par DINDAL (1976) à propos des microfaune et microflore établies sur excréments humains en voie de compostage. Les différences les plus notoires entre les observations de DINDAL et les nôtres reposent sur l'importance relative des divers groupes décomposeurs.

Parmi les insectes considérés comme décomposeurs-dominants par DINDAL, seul le groupe des Scatopsidae conserve une place aussi importante sur le broyat d'ordures ménagères. Les Fanniidae, Phoridae, Tenebrionidae, et les acariens Uropodina ne jouent qu'un rôle secondaire, largement devancés par divers diptères (Sciariidae, Empididae, Chironomidae), groupes non observés par DINDAL. Les haplostomates en général sont dominants sur broyat, alors que DINDAL n'évoque que la famille des Sepsidae. Les collemboles sont, sur broyat, des décomposeurs fortement dominants, alors qu'ils ne viennent qu'en second rang sur les excréments humains.

Parmi les groupes considérés comme décomposeurs sub-dominants par DINDAL, nous retrouvons, sur broyat, dans une situation comparable, l'ensemble des thecostomates, mais les Psychodidae occupent, semble-t-il, une place beaucoup plus discrète que dans le schéma de DINDAL (fig. 14).

Les observations de DEBRY (1978) sur les peuplements diptérologiques de divers substrats organiques constitués par des excréments de vertébrés supérieurs soulignent la très grande diversité des comportements spécifiques à l'intérieur des trois familles recensées (Cypselidae, Sepsidae, Scatophagidae). Il n'est donc pas surprenant que le broyat d'ordures ménagères, par sa composition particulièrement hétéroclite (KEROMNES, 1976), héberge un peuplement d'arthropodes hautement différencié.

La présence de nombreux produits d'origine végétale (déchets ménagers, papiers, cartons), riches en carbohydrates, cellulose, lignine, explique très certainement le développement important d'une microflore fongique et bactérienne, favorisée par la thermophase de début de compostage. Cette microflore joue probablement le rôle de relais métabolique indispensable qui prépare et favorise la colonisation du broyat par les arthropodes « décomposeurs ». La production massive de Sciariidae n'est pas sans rappeler les observations similaires de S. BAILLIOT-DELEPORTE (*in litteris*) sur litière de chesnaie à la Station de Paimpont, mais surtout les résultats de DEBRY & MONTFORT (1979) sur sols forestiers enrichis en lisier de porc.

Le problème essentiel qui se pose dès lors que les grandes lignes de la colonisation de la lande enrichie en matière organique ont pu être esquissées, est celui de la place occupée par les diverses espèces d'insectes décomposeurs dans la chaîne alimentaire complexe de l'écosystème « ordures ménagères broyées », zone de concentration et foyer de développement intensif de toute une série d'espèces attirées et favorisées par l'abondance de la matière organique. Ces épandages constituent, par là même, des sources potentielles de dispersion active d'insectes, mais aussi des risques de

graves nuisances, tant sur le plan agronomique que du point de vue sanitaire (médecine humaine ou vétérinaire).

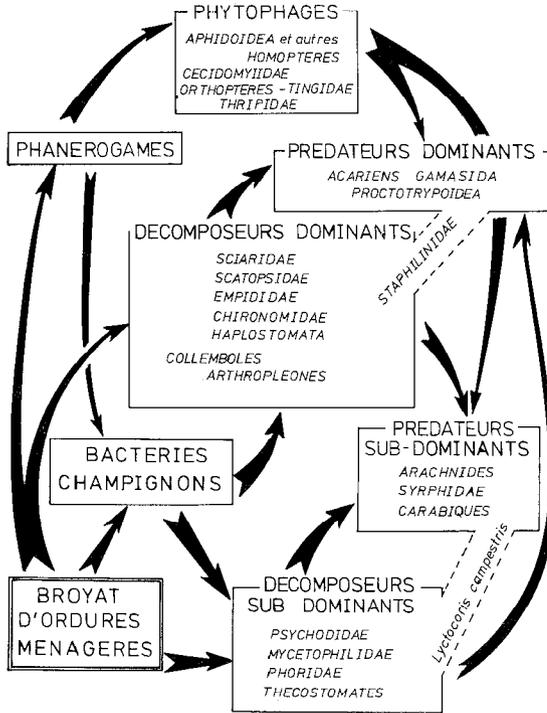


FIG. 14. — Schéma préliminaire de la chaîne alimentaire dans un peuplement d'arthropodes colonisant un broyat d'ordures ménagères épandues sur une lande à ajoncs de Bretagne centrale.

En épandant sur des terres incultes les déchets broyés de notre consommation domestique, nous déclenchons une série de processus dont le moins que l'on puisse dire est qu'ils sont totalement non maîtrisés. Sans doute, une part de la matière organique, au cours des phénomènes de décomposition, retourne-t-elle à l'atmosphère sous forme de gaz carbonique. Les éléments non biodégradables (débris de verre, de plastique, de métal), eux, restent en place et les conséquences d'un tel apport ne sont pas mesurées. Les agriculteurs, eux, ont compris les dangers potentiels qu'ils représentent pour eux-mêmes ou leurs productions, qui « boudent » systématiquement le « compost » proposé par les usines de traitement des ordures ménagères. Les pollutions chimiques, les risques microbiens, les nuisances animales entraînées par cette technologie sont totalement inappréciées à l'heure actuelle.

Cependant, pour peu que de bonnes conditions de compostage soient réalisées, les conséquences d'un apport massif de matière organique en voie de décomposition ne sont pas obligatoirement négatives, comme le montre bien la formidable « productivité » entomologique de tels épandages.

Une meilleure connaissance du rôle des invertébrés, et en particulier des arthropodes, dans l'évolution de tels substrats, devrait aboutir à une série de connaissances pratiques précieuses :

— La faune, par sa composition, devrait pouvoir servir d'indice biologique de l'état de « maturation » de composts et servir d'indicatrice quant à leur composition (on n'ignore pas le rôle joué par les successions entomologiques en médecine légale, par exemple).

— La compréhension des modes d'action de la faune devra aboutir à :

- . l'amélioration des phénomènes de compostage, son accélération, et la production d'un compost de qualité ou de dérivés utilisables sur le plan agricole;
- . permettre d'accélérer la résolution du problème posé par l'élimination des éléments non biodégradables des déchets;
- . préciser l'importance de la vexion d'organismes pathogènes (phyto- ou zoo-pathogènes) par les insectes produits sur les zones d'épandage.

## RÉFÉRENCES

- Atlas de Bretagne*, 1975. — Institut de Géographie et d'Aménagement de l'Espace. Université de Haute-Bretagne, Rennes, 1-69.
- BAILLIOT S., 1975. — *Étude des mécanismes écoéthologiques de l'émergence chez quelques Diptères Chironomides et Sciarides des landes armoricaines*. Thèse de Doctorat de 3<sup>e</sup> cycle, Univ. Rennes I, multigr. 97 p.
- BAILLIOT S. & TREHEN P., 1974. — Variations de l'attractivité des pièges colorés de Moericke en fonction de la localisation spatio-temporelle de l'émergence, des comportements sexuels et des phases de dispersion de quelques espèces de Diptères. *Ann. Zool. Ecol. anim.*, 6, 4, 575-584.
- BELLIDO A., 1975. — *Étude morphologique et écologique de Carabodes willmanni Bernini 1975 (Acari, Oribatei) dans une formation pionnière de la lande armoricaine*. Thèse de Doctorat de 3<sup>e</sup> cycle, Univ. Rennes I, multigr. 79 p.
- COUTURIER G. & DUVIARD D., 1976. — Éthologie des peuplements de Dolichopodidae (Diptera) des savanes vierges et cultivées de Côte-d'Ivoire centrale. *Cah. ORSTOM, sér. Biol.*, 9, 2, 97-113.
- DE BLIGNIÈRES X., 1980. — *Contribution à l'étude de l'impact d'épandages d'ordures ménagères broyées sur une lande xérophile. Étude expérimentale du rôle des Lombriciens*. D. E. A. d'Éco-Éthologie, Univ. de Rennes I, multigr. 46 p.
- DEBROISE C., 1973. — *Peuplement lépidoptérologique. Étude préliminaire de la dynamique de la population de Lycophotia porphyrea*. D. E. A. de Biologie Animale, Univ. de Rennes I, multigr. 42 p.
- DEBRY J. M., 1978. — Introduction au dénombrement et à l'étude écologique d'une communauté de Diptères coprophages sur du lisier de porc. *Bull. ecol.*, 9, 2, 129-140.
- DEBRY J. M. & MONTFORT B., 1979. — Note sur l'impact d'une fertilisation forestière par du lisier de porc et de la chaux sur les populations de Diptères édaphiques. *Bull. Ann. Soc. P. belge Ent.*, 115, 77-87.
- DELETRE Y., 1975. — *Éléments de la dynamique d'une population de Parasmittia sp. carinata Strenzke affinis (Diptera, Chironomidae) dans une formation pionnière de la lande armoricaine*. Thèse de Doctorat de 3<sup>e</sup> cycle, Univ. Rennes I, multigr. 110 p.
- DINDAL D., 1976. — Role and community structure of soil microarthropods in solid waste disposal units. In: *Soil organisms as components of ecosystems*. VIth International colloquium of the ISSS Soil Zoology committee, Uppsala.
- DUVIARD D., MERCADIER G. & SCHOTTMAN C., 1973. — Influence de la mise en culture cotonnière sur le comportement de deux aphides savanicoles. *Cah. ORSTOM, sér. Biol.*, 9, 2, 115-120.
- FORGEARD F., 1977. — *L'écosystème lande dans la région de Paimpont. Étude du cycle de la matière organique et des éléments minéraux*. Thèse de Doctorat de 3<sup>e</sup> cycle, Univ. Rennes I, multigr. 220 p.

- GEORGES A., 1973. — *Évolution annuelle de quelques groupes d'Invertébrés. Tentative de mise au point d'un échantillonnage global et d'un appareil de tri polyvalent.* D. E. A. de Biologie Animale, Univ. Rennes I, multigr. 48 p.
- JOHNSON C. G., 1969. — *Migration and dispersal of Insects by flight.* London, Methuen and Co., 763 p.
- KEROMNES J. C., 1976. — *Une étude du traitement des ordures ménagères en décharges de produits broyés.* Thèse de Doctorat de 3<sup>e</sup> cycle, Univ. Rennes I, multigr. 127 p.
- LACHAISE D., 1974. — Les Drosophilides des savanes préforestières de la région tropicale de Lamto (Côte-d'Ivoire). V. Les régimes alimentaires. *Ann. Soc. ent. Fr. (N. S.)*, **10**, 1, 3-50.
- MASSE L., 1962. — *Recherches phytosociologiques et écologiques sur les lichens des schistes rouges cambriens des environs de Rennes (I.-et-V.).* Thèse de Doctorat d'État, Univ. Rennes I, multigr. : 1-186.
- MOYAL P., 1979. — *Distribution spatio-temporelle des insectes capturés au piège jaune dans trois paysages de lande bretonne.* D. E. A. de Biologie Animale, Univ. Paris VI, multigr. 110 p.
- ROTH M., 1971. — *Contribution à l'étude éthologique du peuplement d'insectes d'un milieu herbacé.* Paris, ORSTOM, 118 p.
- TAYLOR L. R., 1974. — Insect migration, flight periodicity and the boundary layer. *J. Anim. Ecol.*, **43**, 225-238.
- TOUFFET J., 1970. — Aperçu sur la végétation de Paimpont. *Bot. Rhedo.*, Sér. A, **8**, 29-64.
- TREHEN P., 1971. — *Recherches sur les Empidides à larves édaphiques.* Thèse de Doctorat d'État, Univ. Rennes I, 280 p.
- TREHEN P., 1977. — Présentation du massif forestier de Paimpont. In: *Animation pour l'aménagement en milieu rural*, Station Biologique de Paimpont, multigr. 25 p.
- VERNON P., 1978. — *Décomposition de cadavres de micromammifères; problèmes méthodologiques relatifs à l'étude des processus de nécrophagie et d'enrichissement organique.* D. E. A. d'Éco-Éthologie, Univ. Rennes I, multigr. 55 p.