

FFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER

Centre d'Adiopodoumé

(Côte d'Ivoire)

Laboratoire d'Entomologie

PRINCIPES ET METHODES D'ECHANTILLONNAGE DES POPULATIONS
NATURELLES TERRESTRES EN ECOLOGIE ENTOMOLOGIQUE.

par

Yves GILLON

Décembre 1967

PRINCIPES ET METHODES D'ECHANTILLONNAGE DES POPULATIONS
NATURELLES TERRESTRES EN ECOLOGIE ENTOMOLOGIQUE

INTRODUCTION

1. Dénombrements indirects	p. 2
1.1. Par les dégats sur les plantes	
1.2. Par d'autres effets (excréments, exuvies, nids)	
1.3. Par récolte des parasites	
2. Systèmes de capture à effet prolongé;	p. 4
2.1. Trappes sans appâts	
2.2. Pièges adhésifs	
2.3. Pièges à suction	
2.4. Pièges à stimuli visuels	
2.4.1. Pièges lumineux	
2.4.2. Autres pièges visuels	
2.5. Autres pièges attractifs	
3. Systèmes d'échantillonnages instantanés	p. 15
3.1. Comptage à vue	
3.2. Espèces ou stades peu mobiles ou immobiles	
3.2.1. Récolte par battage ou brossage	
3.2.2. Récolte des endogés et endophytes	
3.2.2.1. Les endogés	
3.2.2.2. Les endophytes	
3.2.3. Insectes parasites d'animaux	
3.2.4. Récolte des oeufs	
3.3. Récolte par emprisonnement	
3.3.1. Le filet fauchoir	
3.3.2. Le sélecteur	
3.3.3. Les carrés de ramassage	
3.3.4. Les cages et boîtes sans fond	
3.3.5. Application aux petits arbres	
4. Capture marquage recapture	p. 35
5. Nombre de répétitions nécessaire	p. 37

LITTERATURE CITEE

INTRODUCTION

Avec le développement des études biocénétiques, les entomologistes écologistes ont cherché, par la systématisation de procédés anciens, ou par l'invention de nouveaux, à s'armer de techniques d'échantillonnage satisfaisant aux exigences d'études quantitatives.

Une technique idéale d'échantillonnage quantitatif consisterait à dénombrer, sans le modifier, tout le peuplement entomologique présent, à un instant donné, dans une unité de milieu mesurable. A chaque répétition les résultats devraient représenter une fraction constante du peuplement étudié.

Si aucune méthode ne satisfait encore pleinement à ces impératifs, il est cependant possible d'en approcher dans certains cas, espèces particulières, ou dans certaines limites, insectes de taille et de comportement assez voisins par exemple.

Pratiques et rapides, les méthodes basées sur l'appréciation ou la mesure des manifestations de la vie de l'insecte donnent rarement des résultats précis quant aux densités de peuplement elles mêmes. Elles ne sont utilisables que dans certains cas particuliers.

La grande mobilité qui caractérise le comportement de la plupart des insectes, au moins à l'état adulte, est mise à profit par certaines méthodes de capture, soit en piégeant passivement les individus au cours de leurs déplacements, soit en les attirant par des stimuli appropriés.

Cette mobilité doit par contre être annihilée lorsqu'on cherche à délimiter une fraction de l'écosystème pour en connaître le peuplement.

Si la technique dite du marquage-recapture a donné lieu à d'élégantes démonstrations, elle se heurte, dans le domaine de l'entomologie particulièrement, à des difficultés qui ne sont pas toujours insurmontables, mais qu'il faut avoir à l'esprit pour programmer son travail.

Lorsque le principe d'une méthode est adopté il faut encore savoir à quel rythme et sur quelle échelle l'appliquer. Ce sera l'objet du dernier paragraphe.

1. Dénombrements indirects

1.1. Par les dégâts sur les plantes.

Aux difficultés rencontrées dans l'appréciation des dégâts eux-mêmes, pour la mesure desquels il est souvent nécessaire de pouvoir comparer avec une parcelle protégée des insectes, il faut ajouter celles relatives à la recherche d'une corrélation entre leur importance et la densité réelle du peuplement. La méthode qui consiste à introduire des populations connues sur des surfaces encloses mesurées peut donner une idée de cette corrélation, mais les insectes enfermés sous cages dans la nature sont, en Afrique, des proies offertes aux fourmis carnassières (Burt, 1951). Dorylines et "fourmis cadavres" sont les principales responsables.

Dans les milieux naturels où les espèces végétales sont nombreuses et mêlées, les difficultés d'interprétation sont plus grandes encore. Anderson (1961) compare le nombre d'Acridiens avec les dégâts subis par la végétation sans trouver de corrélation nette. Ces appréciations de dégâts ne servent le plus souvent qu'à déterminer à partir de quel niveau un traitement insecticide est rentable, sans se préoccuper du nombre des insectes lui même.

Cette méthode peut devenir utile lorsque les dégâts peuvent être rapportés à un seul individu : galeries de chenilles mineuses de feuilles ou de coléoptères corticoles, trous de sortie d'adultes de forme caractéristique (Graham & Knight, 1965). Ainsi, Beaver (1967) peut suivre, à partir des traces laissées sous l'écorce de grumes d'Orme par des Scolytes, les nombres et la destinée de tous les individus, de l'oeuf à la sortie de l'adulte.

Après avoir déterminé à combien d'hôtes correspond une galle, il est assez facile de se faire une idée d'une population d'insectes gallicoles par simple dénombrement des galles. (Ghilarov, 1964).

1.2. Par d'autres effets (excréments, exuvies, nids).

Morris (1955) utilise, pour l'appréciation des populations d'une espèce de chenille, la récolte des excréments qui tombent des arbres. En principe, les capsules céphaliques des exuvies de chenilles sont récupérées en même temps que les crottes. On peut les en séparer par flottaison (Paramonov, 1959). Ces deux méthodes permettent, dans certains cas, de déterminer non seulement l'espèce, mais aussi le stade de développement larvaire (Morris, 1942). Malheureusement rien de ce qui est intercepté par le feuillage des arbres n'est recensé ; d'autre part, la pluie et le vent modifient certainement les résultats.

La récolte des exuvies de Libellules dans la végétation au bord des eaux est beaucoup moins aléatoire (Corbet 1957). Les Cigales, dont les exuvies sont particulièrement résistantes, ont aussi été échantillonnées de cette façon (Dybas & Lloyd 1962). ~~On a également échantillonné les nids de Libellules.~~ Pour les mêmes insectes, ⁴³⁰une bonne concordance entre le dénombrement des galeries d'émergence, et le nombre d'adultes réellement apparus sous une cage grillagée, sans fond, disposée sur le terrain avant l'apparition des premiers adultes (Dybas & ^{Davis} ~~Lloyd~~ 1962). Il faut noter que la population étudiée était particulièrement dense, comptant plusieurs dizaines de galeries au mètre carré.

On peut trouver d'autres exemples où les constructions d'insectes sont plus aisément recensées que les insectes eux-mêmes. Les insectes sociaux en fournissent un exemple particulièrement évident. Du fait même de l'organisation sociale, le dénombrement des individus, d'ailleurs malaisé, perd de son sens. Il est plus pratique et plus logique de prendre le nid pour unité. Les termitières apparentes au-dessus du sol peuvent être étudiées par les méthodes de la phytosociologie (Goodland, 1965).

1.3. Par récolte des parasites.

Les chenilles qui restent dans les arbres pour chrysalider peuvent être indirectement échantillonnées en récoltant les larves des Diptères qui les parasitent au moment où elles se laisser tomber au sol pour puper. Connaissant le taux de parasitisme par des échantillonnages préliminaires, on en déduit immédiatement l'importance de la population de l'hôte (Bean, 1958).

2. Systèmes de capture à effet prolongé

Sous ce titre sont réunis des systèmes de piège qui utilisent le déplacement actif des insectes pour les extraire du milieu environnant. Les récoltes ainsi obtenues sont indépendantes du tempérament du collecteur et généralement abondantes.

Pour que ces méthodes soient réellement quantitatives il faudrait pouvoir en rapporter les résultats à une densité. Est-ce possible ?

Si après avoir répandu et dispersé des clous sur le sol on y promène un aimant, la densité de clous sera égale au nombre de clous récoltés divisé par la surface drainée par l'aimant. Si l'aimant est passé plusieurs fois au même endroit, la densité calculée sera plus faible que la densité réelle.

A ceci près que ce sont en général les insectes et non le piège qui se déplacent et qu'ils se répartissent dans un volume plutôt que sur une surface, nous avons là une image de la manière dont on peut rapporter les résultats d'un piègeage à une densité. En effet, pendant un temps donné, le nombre de captures (N) va être fonction :

- de la densité du peuplement (d)
- du parcours moyen (p) effectué par les insectes pendant le même temps.
- de la zone d'action du piège (z).

$$N = d.p.z \quad (1)$$

$$\text{donc } d = \frac{N}{p.z} \quad (2)$$

Si le temps d'application est long, et si les insectes se cantonnent toujours dans le même secteur, la densité va décroître petit à petit et le "d" obtenu sera une valeur moyenne entre la densité initiale et la densité finale. Il ne semble pas que l'erreur ainsi introduite soit importante si le piègeage ne dépasse pas quelques heures. On peut le vérifier en observant si le nombre de captures par unité de temps a tendance à diminuer ou non.

Si les insectes sont immobiles, p et N sont nuls, d est alors indéterminable. Si le piège n'est pas attractif, z est réduit aux dimensions du piège. Dans la pratique, p et même z, va-

riables suivant les conditions météorologiques, ne sont connus qu'avec une très grande imprécision.

Les pièges à effet continu restent utiles pour suivre les fluctuations d'abondance de certaines espèces ; encore faut-il supposer que la proportion des insectes capturés reste constante, c'est à dire que leur comportement vis à vis du piège ne varie pas tout au long de leur vie, adulte du moins. Pour être comparables, les récoltes doivent être faites dans des conditions semblables, mais si l'emplacement et les caractéristiques du piège sont contrôlables, les conditions météorologiques journalières et saisonnières échappent au collecteur.

Il peut être admissible de supposer que la proportion des individus capturés dans une espèce n'est pas trop variable, il n'en est pas de même si l'on veut comparer l'abondance relative de différentes espèces, et cela d'autant plus que le groupe à étudier est plus hétérogène et plus vaste. Certaines espèces seront communes avec un système de collecte et rare avec un autre. Ainsi, Taylor & Carter (1961) comparant les récoltes de papillons de nuit obtenues dans une même localité par piège lumineux et piège à succion, constatent qu'une espèce de noctuidae : Amphipyra tragopogonis n'est présente au piège lumineux qu'à un seul exemplaire alors qu'elle représente 88 % des captures au piège à succion (355 pour 405 captures).

2.1. Trappes sans appâts

Les trappes enterrées sont constituées par de simples pots enfouis dans le sol jusqu'à l'ouverture et généralement remplis au tiers avec de l'alcool à 50° Southwood (1966). Elles servent à l'échantillonnage de la faune qui court sur le sol (Fichter, 1954). Les Araignées vagabondes y sont recueillies (Barnes, 1953) de même que des Collemboles et Acariens (Fenton & Howell, 1957). Il est possible, dans certains cas, d'utiliser ce système pour faire du marquage-recapture à condition, bien entendu, de ne mettre aucun liquide dans les pots. C'est ainsi, avec 80 pots de 60 mm de diamètre répartis sur 400 m², que (Grüm, 1965) a pu étudier des migrations de Carabiques.

Destinées à la capture d'Elateridae, les trappes utilisées par Doane (1961) sont constituées d'un entonnoir de 17 cm dans le plus grand diamètre, débouchant dans le récipient de capture proprement dit. L'ensemble est posé sur le bord d'un bidon enterré. Ce dispositif facilite la manipulation des trappes. (Fig. 1). L'eau de pluie peut s'infiltrer dans le sol par des perforations prévues à cet effet au fond de la boîte et du bidon. Après avoir essayé de protéger ses trappes de la pluie par un petit toit, Grüm a finalement adopté aussi les perforations du fond, mais recommande surtout des visites fréquentes (in lit.). Il est bien évident que ce système des perforations n'est pas applicable dans les terrains gorgés d'eau, fréquents en zone tropicale humide au moment de la saison des pluies.

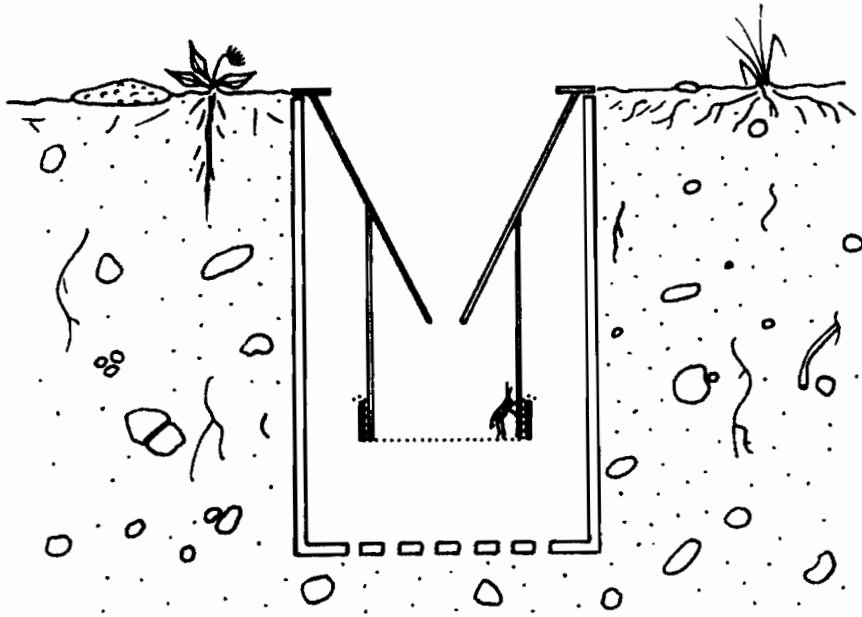


Fig. 1 - Trappe enterrée avec double fond perforé, pour drainer l'eau de pluie, et système collecteur amovible.

2.2. Pièges adhésifs.

Les pièges adhésifs sont constitués par des surfaces badigeonnées de glue ou de graisse. La récupération des insectes est pénible dans le premier cas, plus aisée dans le second. Le trichloréthylène est généralement employé pour solubiliser la glue, et l'alcool-isopropyl benzène pour la graisse. Celle-ci ne convient pas pour les insectes trop vigoureux.

Bien que les réactions des insectes aux constituants des substances adhésives soient inconnues, on considère généralement qu'ils ne sont ni attirés ni repoussés par ces pièges.

Chauvin (1952) fait remarquer que les glues du commerce contiennent "des oléorésines dont la plupart sont attractives ou répulsives pour beaucoup d'insectes". Comparant des résines différentes, il obtient pourtant des résultats voisins.

La couleur du piège a par contre une influence déterminante reconnue, surtout sensible si le piège est disposé horizontalement, chez les pucerons du moins. En effet, les insectes poussés par le vent sur les pièges verticaux semblent plus passifs que ceux qui se déplacent à la verticale (Heathcote, 1957a).

L'orientation relative du vent et de la surface adhésive a évidemment une grande influence sur les captures. Pour que les conditions soient à peu près toujours semblables de ce point de vue, on peut préparer une surface adhésive verticale cylindrique ou deux surfaces planes se croisant à 90 °.

Il vaut mieux prendre plusieurs petits éléments qu'un grand car l'augmentation du nombre des captures n'est pas proportionnel à la surface (Heathcote, 1957b; Staples & Allington, 1959). En conclusions d'essais réalisés avec des fils englués plus ou moins nombreux tendus dans des cadres de taille constante, Roth (1963) souligne qu'il semble donc bien que les surfaces importantes produisent une déflexion plus forte des filets d'air qui écarte les insectes". Il préconise alors l'emploi de pièges gluants "dont la forme aura été étudiée aérodynamiquement". En attendant la réalisation d'un tel piège, il recommande, d'après des essais de Chauvin, d'utiliser des rectangles de toile métallique de 17 x 25 cm (maille de 3 mm et fils de 0,3 mm de diamètre).

Pour l'étude des insectes à 5 ou 6 mètres du sol, Chauvin, (1952) utilise de grands cadres de 1 m² grillagés par des fils englués suivant un quadrillage à mailles de 3 cm qu'il nomme "toile d'Araignée artificielle".

Poussant la comparaison plus loin, Kajac (1965) compare les résultats de pièges à glue avec les proies réellement prises dans les toiles de deux espèces d'Araignées.

Les avis sont partagés quant à la valeur de ces pièges comme technique d'échantillonnage quantitativ ; et si Phillips (1931) trouve qu'il vaut mieux en limiter l'emploi à l'étude des insectes qui circulent sur les troncs d'arbre, Traylor (1962b), assimilant les insectes capturés à des particules inertes, pense par contre pouvoir calculer la densité absolue de Pucerons dans l'air en considérant la vitesse du vent. C'est probablement un des cas où le paramètre p de la formule (2) peut être estimé sans erreur grossière. De plus, si le vent souffle dans le même sens pendant tout le temps du prélèvement, aucune dilution de la densité ne viendra perturber les résultats ; par contre la surface engluée disponible, donc z de la formule (2) diminue au fur et à mesure des captures.

On aura donc tendance à sous estimer la densité si les captures sont nombreuses.

2.3. Pièges à succion.

Les pièges à succion ont été étudiés en détail pour en obtenir des données quantitatives. Le principe de la conversion des captures en densités aériennes est simple, c'est le nombre d'insectes aspirés divisé par le volume d'air qui traverse l'appareil pendant le temps de la récolte. Des facteurs de correction ont été calculés suivant la taille des individus et la vitesse du vent (Taylor, 1962a), mais non, à notre connaissance, suivant la mobilité propre des insectes.

Aux grands modèles dont le pavillon, dirigé vers le ciel, draine l'air d'une vaste zone, Chauvin (1957) préfère des appareils moins puissants, un mètre cube d'air par minute environ, plus maniables (fonctionnant sur accus) et plus précis, dirigés vers le bas au-dessus d'une végétation bien déterminée.

Les appareils utilisés avec l'embouchure vers le haut sont constitués par une turbine et un cône de toile métallique dont la pointe, tournée vers le bas, recueille les insectes (dans un récipient avec de l'alcool par exemple). La turbine peut être placée au-dessus ou au-dessous du cône.

Lorsque le pavillon est tourné vers le bas, un cône interne en soie forme nasse pour empêcher les insectes de retomber. L'aspiration se fait, à travers un tissu fin, par la petite ouverture du pavillon tournée vers le haut.

2.4. Pièges à stimuli visuels.

Parmi les pièges agissant par stimuli visuels, il faut distinguer les pièges lumineux et les autres. Les premiers peuvent attirer les insectes de très loin, les autres ont une action plus locale.

2.4.1. Pièges lumineux.

Les pièges lumineux peuvent être utilisés pour connaître approximativement l'abondance d'une espèce généralement attirée par ce procédé. Très souvent, les mâles sont plus facilement attirés par la lumière. Chez les Mantodes par exemple, ils sont au moins deux fois plus abondants que les femelles dans les chasses à la lumière, alors que la proportion est inverse dans la nature, car beaucoup d'espèces ont des femelles plus ou moins incapables de voler.

Au lieu d'étudier les variations d'une même espèce dans le temps ; il est possible de comparer l'abondance des différentes espèces d'une même récolte (Fisher, Corbet & Williams, 1943), ou même l'abondance de différentes familles (Southwood, 1960). Pour que les résultats aient une signification écologique, il faut admettre que les différentes espèces sont attirées dans les mêmes proportions. Il y a d'autant plus de chances d'approcher de ces conditions que le groupe est plus homogène. Dirks (1937) compare l'abondance de tous les papillons de nuit qu'il a récoltés, Williams (1954) celle des seuls Sphingides capturés en une seule nuit au Nigeria, Hadow, Yarrow, Lancaster & Corbet (1966) analysant les captures à la lumière des mâles du seul genre Dorylus (Formicidae) en Uganda trouvent d'impor-

tantes différences suivant l'heure de la nuit. On sait que les chasses à la lumière peuvent donner des résultats très variables d'une nuit à l'autre, ce qui incite à observer une certaine prudence quant à l'emploi d'indices écologiques précis (Paulian, 1947).

La collecte doit, être automatique, aucun choix de la part du récolteur ne doit venir fausser les résultats, un entomologiste a souvent tendance à délaissier les espèces les plus abondamment représentées au profit des plus rares.

Les pièges lumineux sont généralement constitués par un système de nasse comprenant un tronc de cône renversé sous une source lumineuse, lampe à vapeur de mercure par exemple. Cet entonnoir débouche dans une enceinte de taille très variable qui peut contenir un produit pour tuer les insectes (Frost, 1964).

Suivant le spectre de longueur d'onde de la lumière utilisée, les captures seront plus ou moins abondantes dans chaque groupe. Frost (1953 et 1954) remarque une plus grande sensibilité de la majorité des insectes à la lumière noire, entre 3.000 et 3.800 Angströms. Les Hétéroptères Miridae et les Chrysopidae lui semblent au contraire plus sensibles à la lumière blanche.

L'électricité n'est pas indispensable à l'utilisation des pièges lumineux, les lampes à acétylène ou au pétrole à pression peuvent donner de bons résultats.

2.4.2. Autres pièges visuels.

Les autres pièges visuels fonctionnent de jour.

Le piège Manitoba, qui sert à la capture de beaucoup de Diptères Brachycères piqueurs, Tabanides et Stomoxyes essentiellement, est constitué par une boule noire ou rouge suspendue, à un mètre du sol environ, sous un cône transparent dont le sommet est prolongé par un bocal collecteur qui fait nasse (Thorsteinson, Bracken & Hanec, 1965) (Fig. 2).



Fig. 2 - Piège Manitoba pour Diptères vulnérants.

Avec certaines modifications dans la forme du leurre, les Simulies peuvent être capturées par ce type de piège (Peschken & Thorsteinson, 1965).

La pluie, si elle peut perturber le comportement de vol des insectes, ne modifie pas le fonctionnement même du piège qui a en outre l'avantage de capturer les insectes vivants.

Le piège de Morris (in Morris & Morris, 1949) qui a grossièrement la forme d'un quadrupède surmonté par un système de nasse avec une ouverture à la place de l'abdomen, capture sélectivement les glossines. Celles-ci peuvent aussi être échantillonnées par de simples carrés de toile noire enduits de glue et fixés sur des hommes. Le Stimulus visuel n'est là que secondaire.

Les pièges dits "plateaux colorés" sont constitués par des récipients de couleur emplis d'eau additionnée d'un mouillant, détergent ménager par exemple (Fig. 3).



Fig. 3 - Pièges de Moericke, assiettes colorées emplies d'eau additionnée d'un mouillant. (cliché D. Duvillard).

Certains insectes qui volent à proximité sont attirés vers le piège dans lequel ils se noient rapidement. La couleur du récipient a une grande importance. Il semble que le jaune vif donne le plus grand nombre de captures, mais il n'en est pas obligatoirement de même pour chacun des groupes taxonomiques d'insectes. En plus de la couleur, l'eau elle-même attirera certains insectes (Roth et Couturier, 1966).

Les captures devront être conservées par la suite dans un liquide préservateur, ce qui peut être un inconvénient pour le systématicien; elles restent cependant en parfait état avec toutefois l'abdomen légèrement distendu.

La récupération des insectes est aisée puisqu'il suffit de déverser le contenu du récipient sur une toile fine.

La précision de ces pièges est illustrée par les différences qualitatives et quantitatives observées suivant le niveau auquel on place le piège, même si les différences de hauteur ne sont que de quelques dizaines de centimètres (Chauvin & Roth, 1966).

Les grosses pluies en perturbent le fonctionnement.

Certains insectes y sont évidemment beaucoup plus sensibles que d'autres. Parmi les Diptères par exemple, les Simulides, les Tabanides, les Bombylides ne s'y noient que très exceptionnellement contrairement aux Dolichopodidae ou Anthomyidae qui sont largement représentés.

Ils est commode, pour les comparer, de ramener les résultats à la journée piège.

2.5. Autres pièges attractifs

Nous passerons rapidement sur les autres pièges attractifs car ils sont très rarement utilisés pour des études quantitatives. Tous les stimuli attractifs connus peuvent servir et réaliser des pièges et les importantes récoltes obtenues à la lumière, principalement aux courtes longueur d'onde ne doivent pas faire oublier qu'il existe des procédés plus sélectifs faisant appel au comportement naturel des insectes. Dans leur recherche de la nourriture, du partenaire sexuel ou du lieu de ponte par exemple, les insectes répondent à des stimuli très variés qu'il faut savoir utiliser pour confectionner de nouveaux pièges.

Les appâts olfactifs en relation avec la nourriture habituelle des insectes sont les plus fréquemment utilisés. Pour une étude quantitative il faut se méfier que leur état s'altère rapidement avec le temps, leur action n'est donc pas comparable d'un moment à l'autre. Le piège lui même est confectionné suivant un système de nasse quelconque.

Les pièges olfactifs sexuels conviennent surtout aux adultes d'un petit nombre d'espèces de Lépidoptères nocturnes. Ils peuvent rendre des services pour détecter la présence d'une espèce à densité faible dans une localité, mais peuvent aussi donner une image quantitative du peuplement. Maksimović (1960) montre que le nombre de mâles de Prothetria dispar (Lymantriidae) capturés par ce procédé est en relation directe avec la densité des pontes. L'appât des pièges est constitué par les derniers segments abdominaux, sectionnés et trempés dans le benzène, d'une quinzaine de femelles vierges (Holbrook, 1953).

Les mâles de certains Elatérides semblent répondre à des stimuli semblables (Doane, 1961).

3. Systèmes d'échantillonnage instantanés

Il ne faudrait pas s'imaginer par là que ces systèmes fournissent instantanément des données sur les densités de peuplement. Bien au contraire, ils sont le plus souvent fastidieux et lents. Nous voulons simplement dire qu'ils caractérisent le peuplement à un instant donné.

Certaines populations seront dénombrables directement par comptage dans la nature, mais le plus souvent il faudra isoler, dans un premier temps, une fraction du milieu et recueillir les insectes dans un second.

3.1. Comptage à vue.

Il n'est praticable que dans certains cas particuliers; lorsque les individus sont peu mobiles ou très visibles.

Lorsque les insectes sont immobiles ou presque, le comptage est grandement facilité, encore faut-il qu'ils soient aisément réperables. Les insectes adultes sont rarement immobiles. Real (1959) dénombre des milliers de cochenilles femelles sur les feuilles d'ananas mais renonce à échantillonner les mâles ailés. Chez les insectes Holométaboles, ce sont le plus souvent les stades jeunes qui servent à ce type de recensement. {Shipp & Earhart(1967) prennent comme échantillon le nombre de chenilles d'Heliotis sur 50 pieds de cotonniers. Pour dénombrer la population d'un parasite entomophage, {Miller(1960) compte les cocons fixés sur le feuillage au moment de l'émergence des adultes, tandis que la population des larves de l'hôte est estimée à partir des pontes, compte tenu du taux de mortalité.

Pour étudier le peuplement en Odonates de petites mares aux abords bien dégagés, trous de bombes en l'occurrence, {Moore(1964) utilise aussi le comptage à vue, avec ou sans l'aide d'une paire de jumelles suivant les espèces ; les résultats variant avec les conditions atmosphériques, il limite ses comptages aux belles journées.

C'est sur un parcours de 100 pas que Joyce (1952), au Soudan, dénombre les Acridiens. Nous avons cherché à tester cette méthode par comparaison avec des carrés de ramassage de 100 m². Il apparaît que, pour les adultes, 200 pas sont nécessaires pour obtenir l'équivalent de 100 m² si la végétation est clairsemée et plus de 300 pas si la végétation recouvre entièrement le sol (Tableau 1). Les mâles, plus actifs, sont mieux perçus que les femelles. Pour recenser les jeunes criquets, il faut jusqu'à 10 ou 15 comptages sur 100 pas pour avoir un nombre d'individus équivalent à un quadrat de 100 m². La diversité spécifique est un peu plus faible dans les dénombrements sur 100 pas ; elle est calculée par la formule $d = \frac{n - 1}{\text{Log. } m}$ ou n est le nombre d'espèces et m le nombre d'individus (Margalef, 1957).

TABLEAU 1 - Comparaison du nombre d'Acridiens recensés par un quadrat de 100 m² et par comptages sur 100 pas, dans un même milieu, en savane humide, le 28-5-1964. La végétation d'une hauteur moyenne de 70 cm recouvrirait le sol à 100 %.

	100	100 pas			
	m ²	1°	2°	3°	
♀	29	6	6	6	m = nombre d'individus n = nombre d'espèces d = diversité spécifique
♂	21	7	8	12	
Jeunes	117	8	9	6	
m	167	21	23	24	
n	14	5	7	8	
d	2,54	1,31	1,91	2,20	

Cette méthode nécessite une parfaite connaissance des espèces présentes afin de pouvoir les déterminer sur le terrain. Un magnétophone portatif rend de grands services pour ce genre de comptage.

Pour étudier les mêmes insectes, Dreux (1961) préfère les capturer à la main dans un certain périmètre.

Par la méthode du cheminement en ligne droite à vitesse constante, il est possible de connaître la densité de peuplement par la formule $D = \frac{Z}{2RV}$ (Yapp, 1956 et Skellam, 1958). Z est le nombre d'individus rencontrés par unité de temps, R le rayon d'observation et V la vitesse relative moyenne de l'observateur et de l'insecte ; ce paramètre est évidemment d'autant plus délicat à apprécier que les déplacements de l'insecte sont plus irréguliers et plus rapides. D'autre part R est très variable suivant la densité de la végétation. Cette formulation peut être considérée comme un cas particulier de l'équation (2).

3.2. Espèces ou stades peu mobiles ou immobiles.

3.2.1. Récolte par battage ou brossage

Le brossage des troncs, qui semble ne donner que peu de résultats en forêt tropicale (Paulian, 1947) et le battage des branches au-dessus d'une toile blanche ne permettent de récolter que les insectes qui veulent bien se laisser choir, par immobilisation réflexe ou par incapacité de fuir. Le plus grand nombre s'envole, d'autres restent solidement fixés à leur support et parmi ceux qui sont tombés sur la toile, beaucoup cherchent aussitôt à s'échapper. Pour limiter les pertes, la toile a pu être remplacée par un vaste entonnoir s'ouvrant, à sa partie inférieure, dans un bocal par exemple. (Wilson, 1962 et Coineau, 1962).

Comparant, sur des tilleuls, les résultats de l'"ombrelle japonaise" à ceux obtenus avec un appareil à emprisonnement, Lepointe (1956) trouve que celui-ci fournit, pour un même poids de feuillage, environ 15 fois plus d'insectes que celle-là. Sans compter évidemment de grandes différences dans l'importance relative des groupes d'insectes.

Cette méthode peut donner par contre de bons résultats dans l'étude d'espèces particulières, populations de chenilles par exemple, mais l'appréciation de la quantité de feuillage échantillonné n'est jamais très précise car l'ébranlement déterminé par les coups : se propage de proche en proche. En Afrique, le collecteur sera souvent importuné par les fourmis arboricoles.

Avec l'appareil de Henderson (1956), le battage s'effectue à quatre niveaux à la fois sur des petites lames de verre de 13 mm sur 127 mm enduites de glue. Cet outil permet surtout l'échantillonnage des pucerons (Fenton & Howell, 1957, Nielson, 1957).

3.2.2. Récolte des endogés et endophytes.

Les insectes endogés ou endophytes, y compris les xylophages, ont ceci de commun, du point de vue de leur récolte, qu'ils sont, dans une certaine mesure, déjà emprisonnés en raison de la nature des matériaux au sein desquels ils vivent. Pour ces animaux, les problèmes d'échantillonnages consistent principalement à trouver des méthodes de séparation de la faune et du substrat.

3.2.2.1. Les endogés.

On trouvera une revue des méthodes employées pour chaque cas particulier dans Southwood (1966) et de précieuses indications sur les principes qui déterminent ces méthodes dans Macfadyen (1962).

Dans le cas de la microfaune, la prise d'échantillon se fait généralement par carottage dans le sol. Plusieurs modèles de tarière ont été proposés pour éviter la compression de l'échantillon toujours néfaste aux fragiles habitants du sol. Belfield (1956) propose un modèle adapté aux sols africains souvent très durs.

Pour séparer les insectes du substrat, on peut utiliser leur mobilité propre pour les en chasser ou appliquer une méthode mécanique indépendante du comportement.

La méthode de séparation active la plus universellement utilisée est celle du "Berlese". L'échantillon est placé sur une grille au-dessus d'un entonnoir et sous une source de chaleur qui détermine un gradient de température. L'entonnoir déverse les animaux récupérés dans un récipient de collecte.

Parmi les nombreux perfectionnements que les chercheurs ont apportés à cet appareil, nous retiendrons les trois suivants :

- Le retournement de l'échantillon ; les organismes les moins fouisseurs sont ainsi libérés sans avoir à le traverser toute son épaisseur.

- Le ménagement d'un espace libre entre l'échantillon et le bord de l'appareil où la vapeur d'eau a tendance à condenser.

- L'adjonction d'un réseau de petites bandes en quinconce qui empêche la terre de tomber dans le récipient de collecte.

Il existe plusieurs procédés mécaniques. Le tamisage (à sec ou sous courant d'eau) sépare les animaux si les éléments constituant le substrat sont meubles et de taille différente de celle des organismes à recueillir. On cherche à retenir les insectes si le substrat est finement divisé (boues) ; à les faire seuls passer à travers les mailles du tamis dans le cas contraire. Putnam et Shklov (1958) utilisent le tamisage pour étudier la densité de pontes d'Acridiens dans le sol.

La flottation est utilisable dans la plupart des cas. Elle consiste, après avoir traité l'échantillon pour le dissocier (par congélation ou traitement au citrate ou à l'oxalate de Sodium), à en tamiser les éléments les plus grossiers et les plus fins dans un courant d'eau et à faire tremper le restant dans une solution concentrée de sulfate de magnésium. Tous les éléments de faible densité vont flotter tandis que les éléments minéraux restent au fond. Il reste ensuite à séparer les animaux des débris végétaux.

Le choix de la méthode dépendra de la nature du sol, du nombre d'échantillon, et du comportement des animaux étudiés. Les procédés mécaniques sont les plus fastidieux, ils donnent cependant de meilleurs résultats pour l'ensemble de la faune et permettent seuls la récolte des formes immobiles. Ils sont à éviter lorsque les débris végétaux sont abondants.

Dans certains cas aucune méthode n'est satisfaisante et il faut recourir au tri manuel. C'est le cas par exemple pour la faune des terreux qui est trop sensible à la dessiccation pour être bien récupérée dans un Berlese mais ne peut être isolée du substrat par flottation (Kelner-Pillault, 1967).

Les insectes de grande taille vivant dans le sol, ou y séjournant pour une courte période, nymphose par exemple, doivent être recherchés sur d'assez grandes surfaces. Phillips (1931) préconise de creuser de longues tranchées pour étudier notamment le passage d'un type de milieu à un autre. Il utilise aussi des cercles de ramassage de 1 m² et 10 m². Dans la prairie d'altitude du Mont Nimba, Lamotte et al. (1962) récupèrent la macrofaune du sol en creusant, à une profondeur de 20 ou 30 cm, la terre à l'endroit des carrés de ramassage de la faune des herbes, sur 1 m² (1 x 1 m).

3.2.2.2. Les endophytes.

Les insectes qui vivent au sein des végétaux, mineurs de feuilles, xylophages, gallicoles etc..., ont toujours une phase de développement libre, ne serais-ce que pour aller coloniser d'autres plantes. A la recherche directe des insectes, par dilacération du végétal, on peut donc préférer une méthode plus attentiste qui consiste à récolter les insectes au moment de leur sortie après isolement du matériel étudié. L'isolement d'un morceau de bois mort pose peu de problèmes mais celui d'organes vivants doit respecter le fonctionnement normal de la plante. Le plus simple est de fixer des manchons de toile fine in situ autour des organes dont on veut étudier les hôtes.

3.2.3. Les parasites d'animaux.

Dans le cas d'insectes parasites internes d'animaux, entomophages très généralement, la méthode attentiste n'est applicable qu'aux animaux faciles à élever ; sinon il faut opérer par dissection dans un liquide physiologique. On ne connaîtra la densité absolue des parasites que si les hôtes ont été capturés par une méthode quantitative. Il faut se méfier des procédés de récolte qui font intervenir le comportement car les animaux parasités pourront l'être à un taux différent dans les échantillons et dans la nature.

Les parasites externes, qui se trouvent plus généralement sur les vertébrés, quittent naturellement leur hôte lorsqu'il meurt. Il suffit donc de déposer le cadavre dans une boîte sur une grille à travers laquelle les parasites se laissent choir dans un récipient de collecte.

3.2.4. Récolte des oeufs.

L'échantillonnage des populations par comptage des oeufs n'est guère applicable qu'à des espèces très abondantes dont les pontes sont synchrones et les oeufs bien visibles. Il est facilité lorsque les pontes sont localisées, par exemple sur un organe particulier d'une plante (Miller, 1960). Il est pratique de rapporter les échantillons à la surface foliaire (Morris, 1954).

Le comptage direct nécessite évidemment beaucoup de soin et d'attention. Pour faciliter le comptage il faut diviser l'échantillon en petits éléments (Morris, 1955). Il est souvent plus pratique, plus rapide et plus efficace de séparer les oeufs de leur support par des solvants appropriés ; xylène, KOH ou NaOH dilué suivant les cas (Condrashoff, 1967).

3.3. Récolte par emprisonnement

Pour récolter tous les insectes d'une zone délimitée d'un milieu, il faut empêcher les plus mobiles de fuir. Pour cela, on cherche à les emprisonner, au moins partiellement, dans une enceinte. Le "filet fauchoir" peut être considéré comme une des formes les moins élaborées de ce principe d'échantillonnage.

3.3.1. Le filet fauchoir.

Le "fauchage" consiste à marcher en balayant les herbes devant soi avec un filet robuste de façon à recueillir les insectes qui sont brutalement détachés de leur support et happés au passage. Les résultats sont d'autant plus satisfaisants que le mouvement est plus énergique. Lorsque le milieu herbacé est trop dense, comme c'est le cas par exemple dans une savane qui n'a pas brûlé depuis plus d'un an, les plantes font écran devant l'ouverture du filet qui devient pratiquement inopérant. Cet instrument est généralement employé en milieu herbacé, certains auteurs l'ont aussi utilisé pour étudier la faune des arbustes (Whittacker, 1952), Barnes (1953) et Fichter (1954) ont même cherché à comparer la faune des herbes et la faune des feuillages par cette méthode. Le premier a du renoncer

à utiliser le fauchage sur les buissons trop rigides, il préfère secouer le feuillage sur le filet ; le second signale simplement l'impossibilité qu'il y a de maintenir un coup de fauchoir équivalent dans les deux milieux.

Beaucoup d'insectes rapides sortent du filet aussi rapidement qu'ils y entrent ; c'est ainsi que Dreux (1961) a dû abandonner ce système d'échantillonnage pour les Acridiens. Pour ces mêmes insectes, Fichter (1954) signale les imperfections de la méthode et préconise, pour y pallier, le fauchage de nuit. Nous avons constaté qu'en savane cette pratique donne de très mauvais résultats car beaucoup d'espèces semblent alors se réfugier au pied des herbes.

Un problème se pose au moment de récupérer les insectes dans le filet. On peut rabattre la poche sur elle même après avoir introduit un coton imbibé d'anesthésiant. Il faudra ensuite vider le filet. On peut aussi vider directement le contenu dans un récipient ou un sac de matière plastique renfermant le produit toxique (Fenton & Howell, 1957 ; Barnes, 1953). Dans ces deux cas, la séparation des plus petits insectes morts devient délicate si les débris végétaux sont importants. La récupération directe des insectes vivants n'est possible que pour les insectes mauvais voliers et mauvais sauteurs, les chenilles, par exemple.

Plusieurs auteurs ont voulu perfectionner l'instrument pour le rendre plus efficace :

Williams (1918), pour capturer en masse des Cicadelles, utilise un filet fauchoir muni, à l'entrée, d'un cône de tissus ouvert à la pointe. Le fond de la poche est fermé par une toile moustiquaire, ce qui évite la collecte des plus petits insectes et permet à l'air de traverser le filet et non de refluer à son entrée. Le manche, fixé en deux points, traverse le cercle, assurant une grande rigidité. (Fig. 4 A).

Beall (1935) préconise l'emploi d'un filet carré sans démontrer clairement sa supériorité.

Tashiro et Schwardt (1949) mettent à mi-profondeur d'un filet ordinaire, un cône de cellulofide percé à son sommet d'un trou de 13 mm de diamètre. Ce système est destiné à l'étude des Tabanides. Pour extraire facilement les captures, le fond de la poche est muni d'un système d'ouverture avec un lacet. (Fig. 4 B).

Coineau (1962) préconise aussi l'adjonction d'un tronc de cône, mais il le fait précéder d'une grille qui arrête les plus gros débris végétaux. Au petit bout de l'entonnoir est fixé un sac de polyéthylène aisément détachable. (Fig. 4 C). On peut ainsi collecter plusieurs échantillons de suite de jour comme de nuit. Les insectes emprisonnés dans les petits sacs peuvent être triés plus tard à condition de les tuer rapidement.

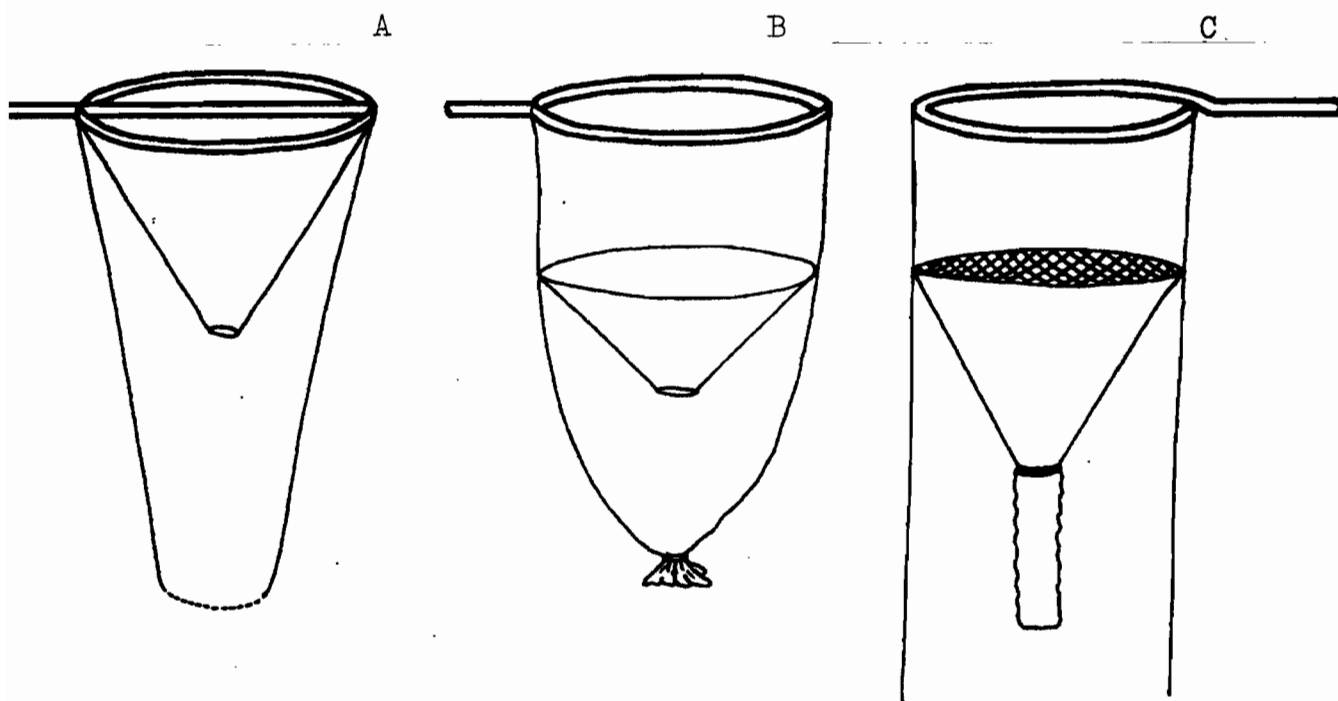


Fig. 4. Différents modèles de filets-fauchoirs

annuels ; l'épaisseur du tapis végétal sera très variable d'une saison à l'autre. La fraction échantillonnée ne sera donc pas constante dans le temps.

Les résultats variant avec les conditions météorologiques, Saugstad, Bram et Nyquist (1967) ont cherché à préciser l'influence de plusieurs facteurs - température, humidité, vitesse du vent; mais, évidemment, les réactions et par suite les captures, diffèrent suivant les espèces, sans parler des réactions propres du collecteur qui ne sont pas négligeables.

Cet appareil est d'emploi si pratique qu'il reste largement utilisé pour l'étude de certaines espèces qui semblent se prêter particulièrement bien à ce mode d'échantillonnage (Parker et Drangoid, 1967). Certains auteurs ont même cru pouvoir rapporter les résultats à une surface.

Whittaker (1952) indique qu'il est habituellement reconnu qu'un échantillon de 50 coups d'un filet de 13 pouces de diamètre (33 cm) donne approximativement une population équivalente à celle d'un mètre carré si l'amplitude de chaque coup est de 4 pieds (122 cm). Smith (1928) et Rice (1932) utilisaient déjà cette même valeur. Callahan, Holbrook et Shaw (1966) calculent que 25 coups, d'un filet de 15 pouces de diamètre (38 cm), échantillonnent une surface de 60 pieds carrés, il faut donc entre 4 et 5 coups pour échantillonner un mètre carré, ce qui ne veut évidemment pas dire que 4 ou 5 coups fournissent la population d'un mètre carré. Beall (1935) utilise le filet fauchoir en analysant les résultats de chaque coup séparément. Il trouve que 6 à 9 de ces coups suffisent pour obtenir l'équivalent de un mètre carré. Le diamètre de son filet est de 12,8 pouces (32,5 cm) et l'amplitude de ses coups, particulièrement étendus, est de 100 pouces (254 cm).

Fenton et Howell (1957) préfèrent rapporter leurs résultats au nombre de talles frappées par le filet.

Comparant les résultats obtenus, dans un champ de luzerne, au filet fauchoir et à l'appareil aspirant de Dietrich; Callahan, Holbrook et Shaw (1966) trouvent que le filet fauchoir est, pour les charançons, plus efficace sur 60 pieds carrés que la machine sur 5 pieds carrés. Si nous ramenons leurs résultats à une même surface et si nous prenons les récoltes à l'appareil de Dietrich comme base de référence minimum, le fauchoir récolte au plus 25 % des Curculionides, 9 % des Hétéroptères, 6 % des Cicadelles et 5 % des Pucerons.

Bien qu'obtenus dans des conditions et sur des animaux très différents, tous ces chiffres sont moins contradictoires qu'il n'apparaît au premier abord, car si le fauchoir récupère à peu près en moyenne 10 % de la faune globale de la surface "fauchée", et s'il faut 5 coups de filets pour "faucher" un mètre carré, il faudra bien environ 50 coups pour avoir la population équivalente à un mètre carré. Les estimations plus optimistes de Beall s'expliquent par l'amplitude beaucoup plus grandes des coups de fauchoir et par la récolte après chaque coup qui empêche les fuites qui autrement ne manquent pas de se produire. Le taux de 10 %, déduit des chiffres de Callachan, Holbrook et Shand, pris comme valeur moyenne ne doit pas faire illusion et ce qui est grossièrement vrai pour l'ensemble de faune ne l'est pas lorsque les différents groupes faunistiques sont considérés séparément.

En comparant le nombre des captures obtenues à chaque passage sur une même parcelle, avec le total des captures précédentes, il est possible de déterminer théoriquement la population totale. Il suffit de prolonger jusqu'à l'axe des abscisses la droite que doivent, en principe, former les points du graphique ^(r, s). C'est la méthode que préconise l'UNESCO pour l'enseignement, en Afrique, de l'écologie quantitative (Hunwald, Buchsbaum et Owen, 1967).

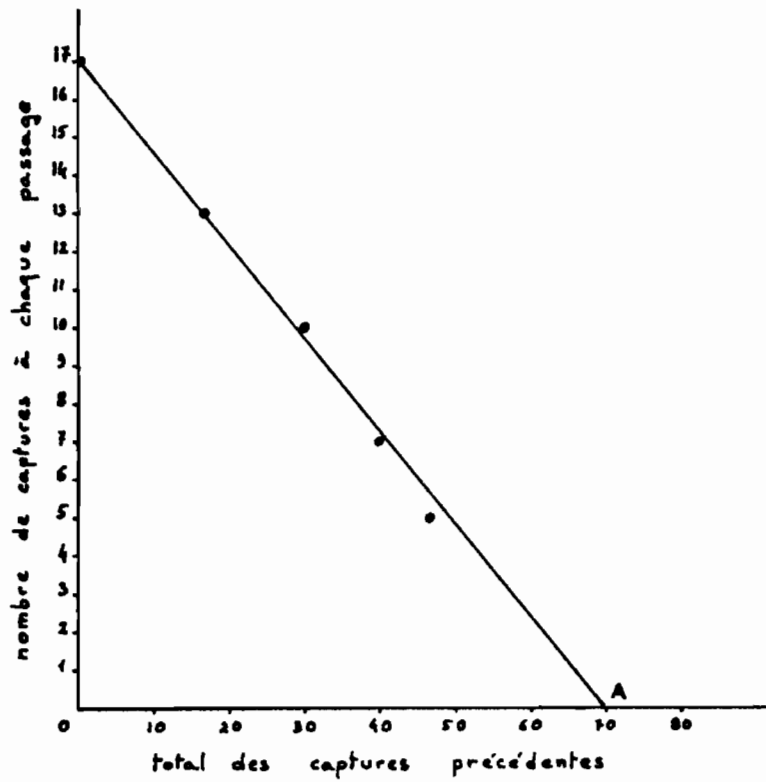


Fig. 5. Estimation graphique de la population par "fauchage" répété. (A = population totale).

Considérant d'une part qu'il est un peu fantaisiste de rapporter des coups de filet à une surface précise et d'autre part que des passages répétés éparpillent la faune à l'extérieur d'un périmètre délimité, Phillips (1931) recommande d'utiliser l'instrument pour capturer tous les insectes que l'on peut apercevoir "within a unit area within a definite period of time" sans considération pour le nombre de coups. La surface est choisie longue et étroite afin de ne pas repasser deux fois au même endroit.

3.3.2. Le sélecteur.

Le sélecteur (Chauvin, 1952) est, à l'origine, une boîte cylindrique dont les deux moitiés égales, aux bords tranchants, sont réunies sur toute la hauteur par une charnière. (Fig. 6). L'appareil est refermé sur l'élément de plante à échantillonner qu'il sectionne, puis ouvert dans un grand sac en plastique contenant un produit anesthésiant.



Fig. 6 - Sélecteur. Modèle utilisé par Chauvin.

L'analyse des résultats montre que certains insectes, comme les Cécidomyies, ne s'y laissent pas prendre. Pour échantillonner des plantes ligneuses suivant le même principe, l'emprisonnement d'une partie de la plante, on peut utiliser un modèle qui ne coupe pas la plante mais en épouse les formes, l'asphyxie des insectes doit alors avoir lieu dans l'appareil (Dempster, 1961). Un sac cylindrique, ouvert à une extrémité, posé rapidement puis noué sur une branche peut aussi rendre des services (Lepointe, 1956).

La faune n'est généralement pas répartie de façon homogène dans toute la frondaison d'un arbre, aussi faut-il échantillonner, au hasard, à toutes les hauteurs et de tous les côtés. Il est donc nécessaire de disposer d'un moyen pour parvenir jusqu'aux plus hautes branches. Une échelle retenue par des cordes qui font haubans donne de meilleurs résultats que de grimper dans les arbres car on ne peut alors pas atteindre l'extrémité des rameaux (Morris, 1955).

3.3.3. Les carrés de ramassage.

La technique des carrés de ramassage consiste à délimiter une surface de terrain à l'aide d'une corde et de quatre piquets. La surface choisie peut aller de 1 m² à 100 m² ; il n'est pas recommandé d'utiliser des surfaces plus grandes. Les récolteurs se disposent régulièrement sur le périmètre puis se dirigent vers le centre en arrachant la végétation et capturant tous les insectes visibles. Un second passage est recommandé.

Si quatre personnes suffisent pour la récolte sur 1 m², (en limitant deux côtés adjacents par des plaques métalliques verticales, Lamotte a même pu travailler seul sur cette surface) il en faut au moins 12 pour 25 m² et 24 pour 100 m². Le choix de la taille des relevés sera fonction de celle des insectes à échantillonner, de la densité de leur peuplement mais aussi évidemment du personnel dont on peut disposer. Si l'on ne s'attache pas aux espèces rares, les relevés sur 25 m² représentent, pour les individus de taille moyenne, disons de 10 mg à 1 gramme environ, un compromis acceptable entre les

exigeances contradictoires de qualité et de quantité. Lamotte (1946) utilise cette surface en prairie d'altitude sur le Mont Nimba ; Gillon et Gillon (1965) cherchent à limiter les fuites par l'adjonction de bâches verticales dressées sur le périmètre du carré (Fig. 7).



Fig. 7 - Carré de ramassage de 25 m² encadré par les bâches verticales de 80 cm de hauteur.

On a reproché à cette méthode son manque de finesse en comparaison de celles exposées au paragraphe suivant. En effet, les petites formes n'y sont pas dénombrées de façon exhaustives, cela d'autant plus que la surface de récolte est

plus étendue, et elle ne convient pas du tout aux adultes bon voiliers mais c'est, pour l'instant, la seule qui puisse donner avec précision la densité de peuplement d'insectes d'assez grande taille et peu abondants. Dans les milieux herbacés tropicaux, de nombreuses espèces sont de ce type.

3.3.4. Les cages et boîtes sans fond

Des cages sans fond cylindriques, coniques, cubiques, des bidons, des boîtes, des pots de fleurs renversés ont été utilisés suivant le même principe et dans un but, enclore une portion du biotope pour en extraire la faune.

Les systèmes de récupération ont varié suivant que les auteurs étudiaient une espèce ou l'ensemble de la faune et aussi suivant la surface couverte par l'appareil parfois baptisé "biocénomètre".

Un des procédés les plus expéditifs de récupération de la faune est celui que Wiegert (1961) utilise pour l'étude de la population adulte d'une espèce de Cercopidae. La "cage" est tronconique, en grillage, surmontée par un entonnoir métallique qui débouche dans un petit récipient de verre. Il en recouvre la végétation. Le cercle inférieur est appliqué sur le sol puis doucement glissé sur une plaque disposée horizontalement juste à côté. L'ensemble est retourné et secoué jusqu'à ce que les insectes se retrouvent tous dans le récipient où ils sont tués au tétrachlorure de carbone.

En Russie, les écologistes se sont plutôt orientés vers la récupération des insectes photophiles. Des boîtes opaques, sans fond, de un ou deux mètres carrés ont été construites dès 1913 à la station expérimentale agricole de Poltava. Un tube de verre, ajusté dans un trou d'une des parois recueille les insectes attirés par la lumière. Sous le nom de photoélecteur, cet appareil a servi à Kolnobova (1926) pour étudier le Thrips de l'avoine. Le dispositif est mis en place de nuit. Sur le même principe, Baskina et Fridman (1928) ont réalisé un photoélecteur en forme de tronc de cône dont la base est un cercle tranchant qui délimite une surface de $0,1 \text{ m}^2$

et dont le sommet débouche dans un récipient de verre. La prise de l'échantillon ne durait pas plus de 5 minutes. En Pologne, l'équipe de Petruszewicz utilise des cages sans fond qui restent en place après le premier échantillonnage. Elles sont périodiquement recouvertes d'un voile noir muni d'un orifice. Les insectes qui n'étaient pas éclos lors de l'échantillonnage précédent sont alors recueillis dans le récipient qui recouvre l'orifice.

Un autre moyen de récupérer la faune emprisonnée sous une enceinte consiste à l'entraîner dans un appareil aspirant, du simple aspirateur à bouche au puissant engin de Dietrick.

Hills (1933) construit une petite cage de collecte cylindrique, recouvrant une surface de un pied carré, montée sur un long manche coudé et muni d'un manchon latéral pour introduire la main ou l'extrémité de l'appareil aspirant qui est mis en action une fois la cage en place. Cet appareil a été pensé et mis au point pour étudier des populations denses de Cicadelles. La puissance d'aspiration est d'autant plus forte que l'embout est plus fin. Il faut donner au courant d'air une vitesse suffisante pour aspirer les insectes assez lourds, chenilles et carabiques, sans trop abimer les plus délicats. Johnson et Al. (1957) à qui j'emprunte ces réflexions recommandent aussi de passer plusieurs fois l'appareil en tous sens avec des périodes de repos entre chaque passage. Ils notent enfin que par temps de pluie cette méthode est impraticable.

Si l'élément d'emprisonnement est assez petit, il peut être constitué par l'embout même de l'appareil aspirant, c'est le cas de l'engin utilisé par Dietrick et Al. (1959) qui couvre une surface de un pied carré. L'appareil doit alors être puissant. La masse des débris entraînés nécessite une extraction par un système dérivé du "Berlese" mais assorti d'une source lumineuse sous le flacon de récupération contenant de l'alcool. La source chaude supérieur n'étant au contraire pas lumineuse. Pour limiter la quantité de débris, Callahan et Al. (1966) n'appliquent pas l'embout sur le sol, ils le soulèvent d'un pouce.

C'est aussi un système dérivé de l'extraction de la faune du sol que Beall (1935) utilise pour récupérer les insectes de son bidon renversé qui lui sert d'unité d'échantillonnage. Le bidon est posé de nuit sur le sol puis enfoncé autant que possible. Lorsqu'il est en place, on introduit un anesthésiant par un orifice aussitôt rebouché. Le sol est enlevé autour du récipient qui lui même est retiré. Il reste une colonne de sol dont les cinq pouces supérieurs sont prélevés et dont la faune est extraite par lavage. La méthode est longue et fastidieuse, les insectes de la strate herbacée et du sol sont mélangés.

Dans une prairie d'herbe rase, 7 cm de hauteur moyenne Ricou (1965) utilise un cylindre de tôle forte coiffé d'un sac en coton poudré avec un ester phosphorique. "la récupération de la galette de gazon se fait dans le sac où elle tombe à l'envers, emprisonnant la faune superficielle dans le fond". Au laboratoire, "les galettes sorties de leurs sacs, sont placées, toujours à l'envers, sur un tamis métallique et les éléments superficiels de la faune sont récupérés par secouage".

Lorsque la strate herbacée est plus haute et que les insectes sont en moyenne plus gros, que dans les exemples ci-dessus, il est indispensable d'utiliser des surfaces plus grandes Lamotte en 1942 et 1946 utilisa au Mont Nimba des cages de 1 m² ouvertes sur un côté pour accéder facilement à l'intérieur du périmètre (in lit.) Plus tard un autre modèle de 1 x 1 m, démontable, a été utilisé par son équipe pour l'étude de la savane de Lamto en Côte d'Ivoire. Deux manches cousues sur deux côtés opposés laissent passer deux récolteurs jusqu'à mi-corps. (Fig. 8).



Fig. 8 - Cage de récolte, sans fond, de 1 m^2 ($1 \times 1\text{ m}$). Mise en place.

Sur le même principe, une cage sans fond de 10 m^2 a été réalisée et utilisée pendant plus d'un an. Un collecteur par côté et une demi-journée de travail suffisent pour ramasser toute la faune sur cette surface. La comparaison avec les cages de 1 m^2 montre que ce modèle peut rendre de précieux services (Gillon & Gillon 1968?). Dans les deux cas, l'herbe doit être arrachée et triée soigneusement sous la cage. Les insectes sont récoltés à vue. L'équipe de Petruszewicz en Pologne utilise des cages de $\frac{1}{4}$ de m^2 . La faune en est extraite à vue et avec un appareil aspirant.

Quelques espèces ont tendance à fuir devant l'appareil qui va les recouvrir, Ricou (1965) a pu mettre en évidence que ce sont principalement celles qui vivent en haut des herbes. Nous même avons constaté que les cages de 10 m^2 étaient plus efficaces que celles de 1 m^2 pour certains groupes, vraisemblablement parce qu'elles sont posées de côté par rapport à la direction de marche des porteurs et non en avant.

Pour limiter ou éliminer cet élément de perturbation, certains chercheurs préfèrent mettre en place leur appareil de nuit, le soir, puis recueillir les insectes le lendemain. Cette pratique a aussi ses inconvénients ; la cage de collecte ne peut alors donner qu'un échantillon par 24 H, la population encolose durant toute une nuit peut se modifier du fait des prédateurs dont les proies ne peuvent pas fuir, nous avons déjà signalé le rôle des fourmis qui envahissent les cages par le sol. Si le terrain n'est pas régulier, ce qui est le cas le plus fréquent, il est difficile de bien colmater de nuit tous les trous entre le bord inférieur et la surface irrégulière du terrain.

Comme l'activité des insectes est en grande partie fonction de la température, nous recommandons plutôt de mettre le dispositif en place au petit jour, alors que l'air est frais et l'herbe pleine de rosée. Le seul inconvénient reste la faible rentabilité des appareils. Mieux vaut alors ne pas prendre des surfaces d'échantillonnage trop exigües.

3.3.5. Application aux petits arbres.

En R.C.A., Pujol (Soc. Ent. de Fr. séance du 26.VI.63) a utilisé un système d'emprisonnement pour récolter la faune entomologique des petits arbres. Après avoir dénudé l'herbe et recouvert le sol d'une toile blanche au pied de l'arbre, il le recouvre entièrement avec une grande bâche portée au bout de longues perches par plusieurs hommes. Une fois le dispositif en place, un insecticide est pulvérisé sous la bâche. Après un certain temps, l'arbre est secoué, coupé au besoin, et les insectes récupérés sur la toile blanche. Planquette (1964) utilise ce procédé en Côte d'Ivoire pour étudier la faune d'un Bauhinia de savane (Fig. 9). Cette technique n'est utilisable que pour de petits arbres, 6 mètres au maximum, isolés les uns des autres.



Fig. 9 - Bâche utilisée pour la récolte des insectes d'un Bauhinia de savane. (cliché P. Planquette).

4. Capture marquage recapture

Le principe de cette méthode est très simple. Si, dans une zone déterminée, M individus sont capturés, marqués et relâchés, et si ultérieurement N individus sont à nouveau capturés, comprenant R marqués, donc recapturés, on suppose que le rapport entre la population totale (P) et la totalité des individus marqués (M) est égal au rapport entre le nombre d'individus du second échantillon (N) et le nombre de recaptures (R).

$$\frac{P}{M} = \frac{N}{R} \quad \text{ou} \quad P = \frac{N \cdot M}{R}$$

Pour donner une idée des ordres de grandeur, disons que sur 1 km², une population qui ne comporte en moyenne que un individu par mètre carré s'élèvera à un million de représentants. Si on en capture, marque et relâche un milliers d'individus, puis qu'à la seconde récolte l'échantillon soit à nouveau de mille, on doit logiquement retrouver un seul marqué, ce qui est tout à fait insuffisant. Dans l'exemple cité, il faudra en capturer et marquer dix mille puis en capturer à nouveau dix mille si on veut obtenir une centaine d'individus recapturés. En dehors de toute considération sur le comportement il est nécessaire d'avoir ces ordres de grandeur à l'esprit avant de capturer, marquer et relâcher des centaines ou des milliers d'insectes dont il sera parfois difficile de recapturer un seul.

Si les conditions quantitatives semblent favorables, il reste à savoir si le comportement des insectes ne risque pas de fausser complètement les résultats.

La formule suppose que d'une récolte à la suivante il n'y a ni natalité ni mortalité, ni immigration ni émigration. Pour limiter ces sources d'erreur, il ne faut pas attendre trop entre les deux récoltes. Juste assez pour laisser aux insectes marqués le temps de se mêler complètement au reste de la population. Lorsque le cycle général de l'espèce est connu, on choisira la période la plus stable du point de vue démographique. Au début de la vie adulte le plus généralement.

Il est toujours préférable aussi de choisir une région limitée par des barrières écologiques à peu près étanches. Forêts galeries pour des insectes de savane par exemple.

En connaissant les fluctuations globales de la population il est possible de corriger les résultats, mais il faut surtout éviter de modifier la mortalité parmi les animaux capturés et marqués. Il faut choisir un moyen de capture qui ne les traumatise pas et un marquage qui ne leur nuise pas. Beaucoup de colorants sont dilués dans des substances toxiques, de plus la marque risque de les désigner à l'attention des prédateurs. Pour limiter les perturbations dans le comportement, il faut de préférence relâcher les insectes à l'endroit même de leur capture. S'ils restent par exemple agités, ils seront beaucoup plus facilement repérés, tant par les prédateurs que par la récolteur du second échantillon.

L'utilisation d'un pulvérisateur de colorant pour marquer les insectes in situ sans les capturer réduit beaucoup les manipulations (Davey, 1956). Lors de la recapture il sera cependant difficile au récolteur de ne pas avoir l'oeil plus attiré par ces animaux si visiblement marqués que par les autres.

5. Nombre de répétitions nécessaires

C'est une question de temps, de moyens et de précision demandée.

L'étude d'une seule espèce n'est généralement envisagée que pour des populations remarquablement abondantes, souvent nuisibles aux plantes cultivées. L'homogénéité du matériel, surtout lorsqu'on peut se limiter à un stade de développement, peu mobile de préférence, simplifie beaucoup les problèmes. Il reste tout de même à déterminer la taille de l'échantillon optimum et le nombre de répétitions nécessaires.

Après avoir fait un certain nombre de prélèvements préliminaires, on calcule les moyennes et les écarts types de chaque série de tailles essayées, puis on les porte respectivement en abscisse et en ordonnée sur un graphique. La courbe réunissant les points montre à partir de quelle valeur de la moyenne le gain de précision devient négligeable par rapport au supplément de travail requis (Vannier et Cancela da Fonseca, 1966).

Le calcul du nombre de répétitions nécessaire dépend du mode de répartition des animaux sur le terrain. Ils sont le plus souvent distribués par taches (loi binomiale négative) ou au hasard (loi de Poisson). Pour s'en rendre compte il faut comparer la variance (s) et la moyenne (\bar{x}) des échantillons préliminaires.

si $\bar{x} > s^2$ on a une distribution normale

si $\bar{x} = s^2$ on a une distribution de Poisson

si $\bar{x} < s^2$ on a une distribution binomiale négative

La formule qui donne le nombre (N) de répétitions nécessaires est : $N = \frac{t \cdot s}{D \cdot \bar{x}}$ (Southwood, 1966) où D est le niveau de précision demandé, exprimé en décimales (généralement 0.1) ; t la valeur donnée par les tables qui dépend du nombre d'échantillons et s l'erreur standard.

Pour utiliser la formule il faut avoir une distribution normale. Il va donc falloir "normaliser" la loi de distribution des captures dans les échantillons en transformant le nombre de captures (x) de chaque échantillon en \sqrt{x} dans le cas d'une loi de Poisson et en $\log. x$ dans le cas d'une loi binomiale négative.

Lorsque le nombre de répétitions est déterminé, il ne faut plus en changer si on veut pouvoir analyser les résultats sans complications. Mais il faut se méfier que, la population variant au cours de l'année, le calcul fait à une autre époque peut donner un autre résultat. En effet, le nombre de répétitions nécessaires augmente rapidement lorsque la densité de population baisse. Il faut donc éviter de calculer N au moment de la plus grande abondance de l'espèce.

S'il faut étudier plusieurs espèces, d'un même genre par exemple, il convient de déterminer N sur la plus rare et celle dont la variance est la plus grande (Henson, 1954). Mais il faut déjà pouvoir effectuer un échantillonnage préliminaire important.

Enfin dans le cas d'une étude de communauté entière, considérer l'espèce la plus rare entrainerait à multiplier infiniment le nombre d'échantillons nécessaires, ne serais-ce que pour calculer N ! La seule indication est alors d'en faire le plus possible compte tenu du temps et des crédits disponibles. Le coût en sera calculé par addition des moyens nécessaires à la prise d'échantillon et au tri des captures.

LITTERATURE CITEE

- ANDERSON, N.L. 1961 - Seasonal losses in Rangeland vegetation due to Grasshoppers.
J. Econ. Ent. 54 : 369-378.
- BARNES, V.S. 1953 - The ecological distribution of Spiders in non-forest maritime communities at Beaufort, North Carolina.
Ecol. Monogra. 24 : 315-337.
- BASKINA, V.P. & FRIDMAN, G.M. 1928 - Etude statistique de la population animale de la terre submersible de la riviere Kama.
Trav. Inst. Biol. de l'Univ. de Perm. 1 (1-2).
- BEALL, G. 1935 - Study of Arthropod populations by the method of sweeping.
Ecology 16 (2) : 216-225.
- BEAN, J.L. 1958 - The use of larvaevorid maggot drop in measuring trends in spruce budworm populations.
Ann. Ent. Soc. Am. 51 : 400-403.
- BEAVER, R.A. 1967 - The regulation of population density in the bark beetle Scolytus scolytus (F.).
J. Anim. Ecol. 36 (2) : 435-451.
- BELFIELD, W. 1956 - The arthropoda of the soil in a West African pasture.
J. Anim. Ecol. 25 : 275-287.
- BURTT, E. 1951 - The ability of adult Grasshoppers to change colour on burnt ground.
Proc. R. Ent. Soc. Lond. (A) 26 (4-6) : 45-48, 1 pl.
- CALLAHAN, R.A., HOLBROOK, F.R. & SHAW, F.R. 1966 - A comparison of sweeping and vacuum collecting certain insects affecting forage crops.
J. Econ. Entomol. 59 : 478-479.

CORBET, P.S. 1957 - The life-history of the Emperor dragonfly,
Anax imperator Leach (Odonata: Aeshnidae).
J. anim. Ecol. 26 : 1-69.

DAVEY, J.T. 1956 - A method of marking isolated locusts in
large numbers as an aid to the study of their seasonal
migrations.
Bull. ent. Res. 46 : 797-802.

- CHAUVIN, R. 1952 - Etudes d'écologie entomologique sur le champ de luzerne. 1. Méthodes-sondages préliminaires. Annales des épiphyties, 1 : 61-81.
- CHAUVIN, R. 1957 - Réflexions sur l'écologie entomologique. Rev. Zool. Agric. et Appl. 1-78.
- CHAUVIN, R. & ROTH, M. 1966 - Les récipients de couleur (pièges de Moericke) technique nouvelle d'échantillonnage entomologique. Rev. Zool. Agric. et Appl. 1966 (4-6) : 77-81.
- COINEAU, Y. 1962 - Nouvelles méthodes de prospection de la faune entomologique des plantes herbacées et ligneuses. Bull. Soc. ent. France, 67 : 115-119.
- CONDRASHOFF, S.F. 1967 - An extraction method for rapid counts of insect eggs and small organisms. Can. Ent. 99 : 300-303.
- DELONG, D.M. 1932 - Some problems encountered in the estimation of insect population by the sweeping method. Ann. Ent. Soc. Amer. 25 : 13-17.
- DEMPSTER, J.P. 1961 - A sampler for estimating populations of active insects upon vegetation. J. Anim. Ecol. 30 : 425-427.
- DIETRICK, E.J., SCHLINGER, E.I. & VAN DER BOSCH, R. 1959 - A new method for sampling Arthropods using a suction collecting machine and modified Berlese funnel separator. J. Econ. Entomol. 52 : 1085-1091.
- DIRKS, C.O. 1937 - Biological studies in Maine moths by lighttrap methods. Bull. Me agric. Exp. Sta. 389, 31-162.

- DOANE, J.F. 1961 - Movement on the soil surface, of adult Ctenicera aeripennis destructor (Brown) and Hypolithus bicolor Esch. (Coleoptera : Elateridae), as indicated by funnel pitfall traps, with notes on captures of other Arthropods.
Canadian ent. 93 : 636-644.
- DREUX, P. 1961 - Recherches écologiques et biogéographiques sur les Orthoptères des Alpes françaises.
Ann. Sci. Nat. Zool. 12^e série. tome 3 : 321-460
461-766.
- FENTON, F.A. & HOWELL, D.E. 1957 - A comparison of five methods of sampling Alfalfa fields for Arthropod populations.
Ann. Ent. Soc. Amer. 50 : 606-611.
- FICHTER, E. 1954 - An ecological study of Invertebrates of grassland and deciduous shrub savanna in Eastern Nebraska.
The american midland naturalist. 51 (2) : 321-439.
- FISHER, R.A., CORBET, A.S. & WILLIAMS, C.B. 1943 - The relation between the number of species and the number of individuals in a random sample of an animal population.
J. Anim. Ecol. 12 : 42-58.
- FROST, S.W. 1953 - Response of insects to black and white light.
J. Econ. Ent. 46 : 376-377.
- FROST, S.W. 1954 - Response of insects to black and white light.
J. Econ. Ent. 47 : 275-278.
- FROST, S.W. 1964 - Killing agents and containers for use with insect light traps.
Ent. News. 75 : 163-166.
- GHILAROV, M.C. 1964 - Recherches sur la faune du sol et quelques observations sur les insectes aux chercheurs géobotanistes (en russe).
Polevaia geobotanika III : 501-519.

- DYBAS, H.S. & DAVIS, D.D. 1962 - A population census of seventeen-year periodical Cicadas (Homoptera: Cicadidae: Magicicada).
Ecology 43 : 432-444.
- DYBAS, H.S. & LLOYD, M. 1962 - Isolation by habitat in two synchronized species of periodical cicadas (Homoptera: Cicadidae: Magicicada).
Ecology 43: 444-459.

- GILLON, Y. & GILLON, D. 1965 - Recherche d'une méthode quantitative d'analyse du peuplement d'un milieu herbacé. La terre et la vie 4-1965 : 378-391.
- GILLON, Y. & GILLON, D. 1968? - Méthodes d'estimation des nombres et des biomasses d'Arthropodes en savane tropicale. Colloque P.B.I. de Varsovie (Sept. 1966). "On principles and Methods of investigations of secondary productivity of Terrestrial ecosystems".
- GOODLAND, R.J.A. 1965 - On termitaria in a savanna ecosystem. Can. J. Zool. 43 (4) : 641-650.
- GRAHAM, S.A. & KNIGHT, F.B. 1965 - Principles of forest entomology (4^o ed.). McGraw-Hill. 417 p.
- GRAY, H.E. & TRELOR, A.E. 1933 - On the enumeration of insect population by the method of net collections. Ecology, 14 : 356-357.
- GRUM, L. 1965 - The significance of the migration rate of individuals in the regulation of intensity of penetration of the habitat by populations of two species of Carabidae : Carabus arcensis Hrbst. and Pterostichus niger Schall. Ekologia polska (A) : 13 (28) : 575-591.
- HADDOW, A.J., YARROW, I.H.H., LANCASTER, G.A. & CORBET, P.S. 1966 - Nocturnal flight cycle in the males of African doryline ants (Hymenoptera : Formicidae). Proc. R. Ent. Soc. Lond. (A) 41 (7-9) : 103-106.
- HEATHCOTE, G.D. 1957 a - The comparison of yellow cylindrical, flat and water traps and of Johnson suction traps, for sampling aphids. Ann. appl. Biol. 45 : 133-139.

- HEATCOTE, G.D. 1957 b - The optimum size of sticky aphid traps.
Plant Path. 6 : 104-107.
- HENDERSON, C.F. 1956 - A sampling fork for estimation populations of small arthropods.
U.S. Dept. Agric. ARS - 33-18.
- HENSON, W.R. 1954 - A sampling system for poplar insects.
Canad. J. Zool. 32 : 421-433.
- HILLS, O.A. 1933 - A new method for collecting samples of insect populations.
J. Econ. Entomol. 26 : 906-910.
- HOLBROOK, R.F. 1953 - Gypsy Moth sex attractant from Europe for use in trapping program.
J. Econ. Entomol. 46 : 355-357.
- HUNWALD, A., BUCHSBAUM, R. & OWEN, D.F. 1967 - Exercices d'écologie quantitative à faire exécuter, à titre d'essai, par les membres des groupes d'étude d'un certain nombre d'écoles.
UNESCO. Mémo/AVS/DST/6145/3/45.(Ronéot.)
- JOHNSON, C.G., SOUTHWOOD, T.R.E. & ENTWISTLE, H.M. 1957 - A new method for extracting arthropods and molluscs from grassland and herbage with a suction apparatus.
Bull. Entomol. Res. 48 : 211-218.
- JOYCE, R.J.V. 1952 - The ecology of Grasshoppers in east central Sudan.
Anti-Locust Bull. 11 : 1-97.
- KAJAK, A. 1965 - Quantitative analysis of relations between Spiders (Araneus cornutus Clerck, and Araneus quadratus Clerck) and their Preys.
Bull. de l'Académie Polonaise des Sciences 8 (9) : 515-522.


LOCKWOOD, S. 1924 - Estimating the abundance of, and damage
done by grasshoppers.

J. econ. Ent. 17 : 197-202.

- KELNER-PILLAULT, S. 1967 - Etude écologique du peuplement entomologique des terreaux d'arbres creux (Châtaigners et Saules).
Ann. Sci. Nat. Zool. 12°S. 9 : 1-208.
- KOLOBOVA, A.N. 1926 - Le Thrips de l'avoine (en russe).
Trav. Stat. Agr. Exp. de Poltava n° 49.
- LAMOTTE, M. 1946 - Un essai de bionomie quantitative.
Ann. Sci. Nat. Zool. II° série, 8 : 195-211.
- LAMOTTE, M., AGUESSE, P. & ROY, R. 1962 - Données quantitatives sur une biocoenose ouest-africaine : la prairie montagnarde du Nimba (Guinée).
La terre et la vie 4-1962 : 351-370.
- LEPOINTE, J. 1956 - Méthodes de capture dans l'écologie des arbres.
Vie et Milieu : 7 (2) : 233-241.
- MACFADYEN, A. 1962 - Soil Arthropod sampling.
Adv. Ecol. Res. 1 : 1-34.
- MAKSIMOVIĆ, 1960 - Klopke-savremena metoda kontrole brojnosti populacije gubara.
Plant. Prot. 56 : 65-70.
- MARGALEF, R. 1957 - La teoria de la informacion en ecologia.
Mem. Acad. Ciencias Arts Barcelona. 32 : 373-449.
- MILLER, C.A. 1960 - The interaction of the spruce budworm Choristoneura fumiferana (Clem.), and the parasite Glypta fumiferanae (Viar).
Canad. Ent. 92 : 839-850.
- MOORE, N.W. 1964 - Intra - and interspecific competition among Dragonflies (Odonata).
J. Anim. Ecol. 33 (1) : 49-71.

MORRIS, R.F. 1942 - The use of frass in the identification of
forest insect damage.

Canad. Ent. 74 : 164-167.



PARAMONOV, A. 1959 - A possible method of estimating larval
numbers in tree crowns.

Ent. mon. Mag. 95 : 82-83.

.

- MORRIS, K.R.S. & MORRIS, M.G. 1949 - The use of traps against tse-tse in west Africa.
Bull. Ent. Res. 39 : 491-528.
- MORRIS, R.F. 1954 - A sequential sampling technique for spruce budworm egg surveys.
Can. J. Zool. 32 : 302-313.
- MORRIS, R.F. 1955 - The development of sampling techniques for forest insect defoliators, with particular reference to the spruce budworm.
Canad. J; Zool. 33 : 225-294.
- NIELSON, M.W. 1957 - Sampling technique studies on the spotted alfalfa aphid.
J. Econ. Entomol. 60 : 385-389.
- PARKER, B.L. & DRANGEID, P.E. 1967 - Sampling alfalfa weevil larvae in Vermont.
- PAULIAN, R. 1947 - Observations écologiques en forêt de Basse Côte d'Ivoire.
Encyclopédie biogéographique et écologique.
P. Lechevalier ed. 147 pp.
- PESCHKEN, D. & THORSTEINSON, A.J. 1965 - Visual orientation of Black flies (Simuliidae, Diptera) to colour, shape and movement of targets.
Ent. exp. appl. 8 : 282-288.
- PHILLIPS, F.V. 1931 - Quantitative methods in the study of numbers of terrestrial animals in biotic communities : a review, with suggestions.
Ecology 12 (4) : 633-649.
- PLANQUETTE, P. 1964 - Recherches écologiques sur le peuplement animal d'un arbuste de savane : Bauhinia thonningii.
D. E. S. Paris (Ronéot.).

- PUTNAM, L.G. & SHKLOV, N. 1956 - Observations on the distribution of grasshopper egg-pods in Western Canadian stubble fields.
Canad. Ent. 88 : 225-294.
- REAL, P. 1959 - Le cycle annuel de la cochenille Dysmicoccus brevipes, vectrice d'un "wilt" de l'ananas en Basse Côte d'Ivoire, son déterminisme.
R. Path. Vég. Ent. Agric. France 38 (1) : 3-111.
- RICE, L.A. 1932 - The effect of fire on the prairie animal communities.
Ecology 13 (4) : 392-401.
- RICOU, G. 1965 - Méthodes d'étude des zoocoénoses prairiales. La terre et la vie 4-1965 : 359-377.
- ROTH, M. 1963 - Comparaisons de méthodes de capture en écologie entomologique.
Rev. Path. Vég. Ent. Agri. 42 : 177-197.
- ROTH, M. & COUTURIER, G. 1966 - Les plateaux colorés en écologie entomologique.
Ann. Soc. Ent. France (N.S.) 2 : 361-370.
- SAUGSTAD, E.S., BRAM, R.A. & NYQUIST, W.E. 1967 - Factors influencing sweep-net sampling of Alfalfa.
J. Econ. Ent. 60 (2) : 421-426.
- SHIPP, O.E. & EARHART, R.W. 1967 - Comparative Seasonal abundance of Heliothis larvae in cottonfields in Texas and Arkansas during summer 1964.
J. Econ. Entom. 60 (2) : 393-398.
- SKELLAM, J.G. 1958 - The mathematical foundations underlying the use of line transects in animal ecology.
Biometrics 14 : 385-400.
- SMITH, V.G. 1928 - Animal communities of a deciduous forest succession.
Ecology 9 : 479-500.

- SOUTHWOOD, T.R.E. 1960 - The flight activity of Heteroptera.
Trans. R. Ent. Soc. Lond. 112 : 173-200.
- SOUTHWOOD, T.R.E. 1966 - Ecological methods.
Methuen & Co. London. 391 pp.
- STAPLES, R. & ALLINGTON, W.B. 1959 - The efficiency of sticky traps in sampling epidemic populations of the Eriophyid mite Aceria tulipae (K.), vector of wheat streak mosaic virus.
Ann. Ent. Soc. Amer. 52 : 159-164.
- TASHIRO, H. & SCHWARDT, H.H. 1949 - Biology of the major species of Horse Flies of Central New-York.
J. Econ. Ent. 42 : 269-272.
- TAYLOR, L.R. 1962a - The absolute efficiency of insect suction traps.
Ann. Appl. Biol. 50 : 405-421.
- TAYLOR, L.R. 1962b - The efficiency of cylindrical sticky insect traps and suspended nets.
Ann. Appl. Biol. 50 : 681-685.
- THORSTEINSON, A.J., BRACKETT, G.K. & HANEC, W. 1965 - The orientation behaviour of horse flies and deer flies (Tabanidae, Diptera). 3. The use of traps in the study of orientation of Tabanids in the field.
Ent. Exp. Appl. 8 : 189-192.
- VANNIER, G. & CANCELA DA FONSECA, J.P. 1966 - L'échantillonnage de la microfaune du sol.
La terre et la vie. 1966 (1) : 77-103.
- WHITTAKER, R.H. 1952 - A study of summer foliage insect communities in the Great Smoky Mountains.
Ecological Monographs. 22 : 1-144.

- WIEGERT, R.G. 1961 - A sampling apparatus for measuring density of insect population.
Ann. Ent. Soc. America 54 (6) : 926-927.
- WILLIAMS, C.B. 1918 - A frogopper on sugar-cane in British Guiana.
Bull. Ent. Res. 9 : 163-173.
- WILLIAMS, C.B. 1954 - Notes on a small collection of Sphingidae from Nigeria.
Nigerian Field 19, 176-179.
- WILSON, L.F. 1962 - A portable device for mass-collecting or sampling foliage inhabiting Arthropods.
J. Econ. Ent. 55 : 807-808.
- YAPP, W.B. 1956 - The theory of line transects.
Bird Study 3 : 93-104.
-