ÉTUDE DES FLUCTUATIONS DU NIVEAU DE POPULATION
DE LA PROCESSIONNAIRE DU PIN
DANS LA VALLÉE DU NIOLO EN CORSE
(*Thaumetopoea pityocampa* SCHIFF.)

DISPOSITIF D'ÉTUDE ET PREMIERS RÉSULTATS

G. DUSAUSOY, C. GERI

Station de Recherches de Lutte biologique et de Biocénologie
78 - La Minière par Versailles
Institut national de la Recherche agronomique

1. — BUT DE L'ÉTUDE

L'objectif de l'étude à long terme entreprise dans la vallée du Niolo est de suivre l'évolution d'une population de Processionnaires du Pin en milieu naturel.

Dans ce but, un schéma a été établi permettant d'étudier les variations numériques intracycliques et transcycliques de cette population.

Ce schéma n'a pas été construit pour être une fin en lui-même, mais une trame directrice permettant d'associer aux estimations du niveau de population le maximum de données concernant l'importance des différents facteurs de régulation. Celles-ci, encore très fragmentaires, sont destinées à un prochain développement et feront l'objet de notes ultérieures. Néanmoins, les techniques d'observation quantitatives sur les agents de réduction, qui découlent directement du dispositif mis en place pour l'étude des fluctuations de population, seront mentionnées ici.

2. — MILIEU D'ÉTUDE

La vallée du Niolo est une vallée d'altitude, drainée par la rivière « Le Golo » et par un réseau assez dense d'affluents dont le Viro qui coule dans la vallée annexe de Calasima. Une forêt de pins Laricio s'étend sur les versants de ces deux vallées qui sont séparées des vallées voisines par une chaîne de montagnes importantes dont

certains sommets atteignent plus de 2 500 m. Les seules voies d'accès sont, à chaque extrémité de la vallée du Niolo, le col de Vergio à 1 464 m et le défilé rocheux de la Scala di Santa Regina, d'environ 10 km de long.

On peut distinguer 4 étages de peuplements :

- peuplements clairs de basse altitude qui, aux environs de 900 m, se substituent aux plantations de châtaigniers occupant le fond de la vallée,
- peuplements denses, aux environs de 1 000 m ; ils sont composés de belles futaies avec régénération abondante,
- peuplements de densité moyenne : vers 1 200 m, ils font suite aux futaies denses et constituent une zone de transition avec les pins tabulaires d'altitude,
- pins isolés tabulaires, à 1 300-1 400 m ; ils forment une zone de protection autour du massif forestier.

Dans l'ensemble, ces peuplements sont composés d'arbres âgés de grande taille. Les sujets de 20 à 30 m sont nombreux, exceptionnellement certains atteignent 40 m.

La population de Processionnaires est une population insulaire, vraisemblablement astreinte à se développer dans le cadre des limites géographiques de la vallée. Cette opinion est confirmée par le cycle biologique de la Processionnaire. Le développement de cet insecte dure deux ans dans les vallées d'altitude corses, mais la ponte a lieu les années impaires dans le Niolo alors qu'elle se produit les années paires dans les vallées voisines du Tavignano, de la Restonica et d'Asco.

3. — TECHNIQUE UTILISÉE

Les fluctuations intracycliques, telles qu'elles sont définies par P. BOVEY et W. BALTENSWEILLER, 1963, sont étudiées par la méthode des tables de mortalité dans 5 parcelles représentatives de situations écologiques différentes : le niveau des populations de Processionnaires est déterminé à chaque stade et des mesures sont faites sur l'importance des principaux facteurs de réduction. Cette méthode, d'usage courant en démographie humaine (R. PRESSAT, 1961), a été utilisée au cours de nombreux travaux dans les pays anglo-saxons et particulièrement au Canada sur les déprédateurs forestiers (R.F. MORRIS, 1954, 1955 ; R.W. STARK, 1958, parmi les travaux les plus représentatifs). Elle a fait l'objet de notre part d'une précédente note sur *Diprion pini* L. (1966).

Les fluctuations transcycliques sont obtenues par une enquête extensive portant sur la totalité de la vallée. La densité de population est déterminée à chaque génération ainsi que la répartition de l'hôte et de ses antagonistes dans le massif forestier.

La confrontation durant un grand nombre d'années des données détaillées obtenues dans chaque parcelle avec les résultats fournis par l'enquête extensive doit, en faisant appel à l'analyse de corrélation multiple, permettre :

- de tester la représentativité des parcelles en recherchant l'existence de relations entre les phénomènes enregistrés localement et le devenir de l'ensemble de la population étudiée,
- de mettre en évidence les « stades critiques » au cours desquels la mortalité a une répercussion directe sur l'évolution de la population,
- d'identifier les « facteurs clés », au sens de R.F. MORRIS (1963), ayant une importance prépondérante pour la dynamique de l'insecte.

4. — DISPOSITIF D'ÉTUDE

A. — MESURE DES FLUCTUATIONS INTRACYCLIQUES

1. *Parcelles d'échantillonnage*

Les parcelles d'étude sont des peuplements clairs ou des clairières de quelques hectares échelonnés en altitude dans le massif forestier. Trois d'entre elles, PK 51 950 m, Pente des Genêts 1 150 m et Castellace bas 1 350 m sont situées en exposition sud-est, sur un axe toujours fortement infesté lors des attaques de Processionnaires. La 4^e, Mezza-Luna 1 030 m, est constituée par une régénération sous futaie claire. La 5^e, Castellace haut 1 375 m, se trouve dans une combe orientée vers le col de Vergio. Primitivement associée à Castellace bas, elle en a été séparée à cause des différences importantes observées dans la durée d'évolution des chenilles.

Ces parcelles comprennent respectivement, en notant comme grands les arbres de 6 à 12 m, moyens les arbres de 3 à 6 m, et petits les arbres inférieurs à 3 m :

PK 51.....	196 arbres : 60 grands, 81 moyens, 55 petits.
Mezza-Luna	500 arbres moyens.
Pente des Genêts	194 arbres : 47 grands, 89 moyens, 58 petits.
Castellace bas	151 arbres : 24 grands, 82 moyens, 45 petits.
Castellace haut	130 arbres : 20 grands, 46 moyens, 64 petits.

Dans chaque parcelle, un certain nombre de pins trop élevés ou imbriqués ont été repérés et ont dû être exclus du dispositif d'échantillonnage dans l'état actuel de nos possibilités techniques.

2. *Unités d'échantillonnage*

Le pin est l'unité d'échantillonnage choisie. Une unité plus petite ne peut être adoptée, le caractère grégaire de l'insecte ne permettant pas le choix d'unités de rameaux et les colonies formées au cours des différents âges larvaires ne constituant pas des unités stables.

Après dispersion des chenilles, compte tenu des connaissances sur l'éthologie de l'insecte (G. DEMOLIN, 1962) durant la période de procession qui précède l'enfouissement, une estimation objective, représentative de la parcelle ne peut être obtenue. Pour avoir, néanmoins, une idée de la mortalité des nymphes dans le sol, il est fait appel à des dispositifs expérimentaux : des lots de 100 chenilles sont prélevés durant les processions ; ces chenilles sont contraintes à s'enfouir dans des endroits déterminés.

3. *Intensité des sondages*

En 1965-1966, 5 prélèvements ont été effectués durant l'évolution larvaire : les quatre premiers au cours des quatre premiers stades, le dernier juste avant le début des processions.

L'intensité du sondage fut, par prélèvement, de

- 8 pins à PK 51,
- 3 pins à Mezza-Luna,
- 3 pins à Pente des Genêts,
- 5 pins à Castellace bas,
- 3 pins à Castellace haut.

En outre, 5 séries d'enfouissement furent prélevées successivement durant la phase souterraine de la vie de l'insecte du début de l'été 1966 jusqu'à l'automne 1967. Chaque série comprenait 10 enfouissements par parcelle, à l'exception de Castellace bas (8 enfouissements) et de Castellace haut (5 enfouissements).

En 1967-1968 quelques modifications ont été apportées au dispositif initial. Un prélèvement supplémentaire est prévu au début du 5^e stade et le choix des arbres affectés à chaque prélèvement tient compte de l'importance numérique respective des trois catégories de tailles (petits, moyens et grands) dans la parcelle. Soit, par prélèvement :

PK 51	2 petits, 4 moyens, 2 grands.					
Mezza-Luna	0	—	3	—	0	—
Pente des Genêts	1	—	2	—	1	—
Castellace bas	1	—	3	—	1	—
Castellace haut	2	—	1	—	1	—

4. Collecte des échantillons

Dans chaque parcelle, après dénombrement des pins, les sujets destinés à être échantillonnés sont tirés au sort, marqués sur le terrain et affectés à un prélèvement larvaire déterminé.

Dès la fin des éclosions, les pontes de la totalité de ces pins sont récoltées ; puis, à chaque stade larvaire, les arbres préalablement désignés sont débarrassés de leur population de chenilles. Les nids ou les colonies libres récoltés sont transportés au laboratoire pour dénombrement des survivants et examens relatifs à l'action des facteurs de réduction.

Les enfouissements ont été implantés en 1966 de la façon suivante, selon la méthode de P. DU MERLE : les lots de chenilles prélevés sont placés individuellement dans des cylindres en rhodoïd, de 30 cm de diamètre et de 20 cm de hauteur, légèrement enterrés et disposés dans des sites favorables à l'enfouissement. Les cylindres sont enlevés, dès que l'enfouissement définitif est constaté. Au cours du prélèvement, la terre est retirée à leur emplacement sur une profondeur de 15 cm et triée pour la recherche des chrysalides.

5. Détermination des dates de prélèvement

L'hétérogénéité phénologique des populations ne permet pas d'obtenir, au moyen de prélèvements effectués à une date déterminée, la mortalité réelle survenue

durant un stade sur la totalité des chenilles. Il est cependant nécessaire que les dates de collecte des échantillons correspondent à une étape précise du développement de la population étudiée afin que les informations obtenues soient comparables d'un lieu à un autre et d'une génération à l'autre. Les prélèvements sont effectués lorsque 80 % des individus ont atteint un stade déterminé et avant que 10 % n'aient atteint le stade suivant.

Dans ce but, un dispositif a été mis en place pour suivre l'évolution des chenilles dans chaque parcelle.

Lors du repérage des pins soumis aux prélèvements biométriques, à chacun d'entre eux est associé un pin voisin. Sur ce pin, deux pontes sont choisies l'une au nord, l'autre au sud et leur évolution, ainsi que celle des chenilles qui en sont issues, est contrôlée régulièrement tous les 3-4 jours. Lorsqu'il y a déplacement, fusion ou dislocation des colonies, deux valeurs moyennes sont données par pin, l'une au nord, l'autre au sud en examinant un plus grand nombre de données.

Les résultats, reportés sur graphique, permettent de déterminer avec précision la date des prélèvements.

6. *Exploitation des échantillons*

a) *Détermination du niveau de population*

Les chenilles récoltées sont dénombrées pin par pin après le prélèvement. Les pontes sont conservées et examinées ultérieurement : les œufs sont comptés ainsi que les trous de sortie de Processionnaires.

On dispose ainsi pour chaque pin-unité, de la population initiale d'œufs, de la population de chenilles à l'éclosion et de la population de chenilles au moment du prélèvement.

Ces données sont traitées par l'analyse de covariance afin d'obtenir la population moyenne de chenilles par pin à chaque prélèvement.

Une estimation grossière du niveau de population des chrysalides peut être obtenue en comparant le nombre d'individus retrouvés à chaque prélèvement au nombre de chenilles introduites dans les cylindres.

b) *Détermination de l'importance des facteurs de réduction*

La nature des principaux facteurs de réduction a été décrite par E. BILIOTTI, 1958 ; P. DU MERLE, 1964 ; C. VAGO, 1958. Les travaux suivants sont effectués afin de déterminer leur importance vis-à-vis de la population étudiée.

— *Au stade œuf.*

Au cours de l'examen des pontes récoltées, les œufs ne présentant pas de trous d'éclosion de processionnaires sont ouverts afin d'établir la nature du facteur de réduction impliqué. Le parasitisme dû aux différentes espèces de Chalcidiens oophages, *Tetrastichus servadei* DOM., *Ooencyrtus pityocampae* MERCET, *Trichogramma* sp., est apprécié par observation des trous de sortie des individus à développement immédiat et des caractéristiques des larves en diapause. La mortalité des jeunes

larves avant l'éclosion, le prédatismo et l'importance des œufs ne contenant qu'un vitellus sec peuvent également être évalués. On obtient ainsi une estimation de la mortalité qui a réellement eu lieu durant ce stade en fonction des différents facteurs qui l'ont provoquée.

— *Durant les stades larvaires.*

Les chenilles dénombrées permettent d'effectuer des observations pathologiques et parasitologiques. Actuellement 10 % de la population de chaque pin sert à faire des frottis d'intestin (recherche de *Smithiavirus pityocampae* VAGO et d'autres germes) et 100 chenilles sont disséquées pour examen des larves parasites (*Phryxe caudata* ROND., essentiellement). Les pourcentages obtenus sont comparables d'une génération à une autre et d'un lieu à un autre, mais contrairement au cas précédent, ils ne traduisent qu'une mortalité potentielle dont l'incidence sur la réduction de population ne peut être interprétée qu'avec l'aide des spécialistes.

— *Durant le stade nymphal.*

Les chrysalides provenant des enfouissements, débarrassées de leurs cocons, sont mises en élevage à la température du laboratoire. On obtient ainsi un ordre d'idée de l'importance des parasites (*P. caudata* ROND, *Villa quinquefasciata* WIED, *Erigorgus femorator* AUBERT, *Ichneumon rudis* FONSC.) et des germes entomopathogènes (*Smithiavirus pityocampae* VAGO, *Beauveria bassiana* (BALS.) VUILLEMIN et *Paecilomyces fumoso-roseus* (WIZE) BROWN et SMITH) au cours de la vie souterraine de l'insecte. Durant cette phase P. DU MERLE étudie plus spécialement la biologie des entomophages et P. FERRON celle des champignons entomopathogènes.

B. — MESURE DES FLUCTUATIONS TRANSCYCLIQUES

1. *Mode d'échantillonnage*

a) *Détermination du niveau de population.*

Le dénombrement des nids définitifs est effectué à chaque génération sur 1 500 pins environ répartis dans toute la vallée.

Avant d'effectuer la première numération, la cartographie des peuplements a été faite en utilisant la carte d'état major, les cartes forestières, les photos aériennes, et en complétant ces informations par l'observation sur le terrain.

La carte du massif forestier a ensuite été subdivisée en 10 zones et 34 sous-zones, cette stratification permettant de suivre les mouvements locaux des populations de Processionnaires.

Les zones correspondent à de grandes régions topographiques (fig. 1) :

- Deux sont situées dans la vallée principale du Niolo à l'adret.
- Deux à l'ubac.
- Une, entre le Golo et son affluent le Chierrage.
- Trois dans la vallée annexe de Calasima.
- Deux dans les peuplements qui dominent la Scala di Santa Regina.

Les sous-zones correspondent à la répartition à l'intérieur de ces zones des différents étages de peuplement précédemment décrits.

Avant chaque dénombrement, des placettes de 400 m² sont tirées au sort sur carte en nombre proportionnel à la superficie de chaque sous-zone. L'intensité du sondage est de 1/100, soit une placette pour 4 ha (le tirage est effectué en utilisant du papier calque millimétré ; au 1/20 000, 1 mm² = 400 m²).

Les mesures sont faites au printemps, en suivant la fonte des neiges. Les placettes sont repérées sur le terrain en se basant sur des points fixes (ponts, intersections de cours d'eau, sources, etc.). A partir de ces points, l'observateur se dirige à la boussole ; après avoir parcouru la distance indiquée sur la carte pour se rendre au centre de la placette, il compte le nombre de nids sur le pin le plus proche et le nombre d'arbres sur une surface de 400 m² située autour de lui. Le dénombrement des pins permet de tenir compte de la densité des peuplements.

b) *Etude de la répartition des facteurs de régulation.*

Une enquête écologique est effectuée simultanément :

- des critères tels que l'altitude, l'exposition, la densité des peuplements, l'indice d'infestation (noté de 0 à 5), la flore, etc. sont notés pour chaque placette ;
- des nids sont récoltés et un sondage est pratiqué à des fins d'examen parasitologiques et pathologiques.

En 1966, un nid a été récolté toutes les 6 placettes environ et 15 individus par nid ont été disséqués et utilisés pour la confection de frottis.

2. *Exploitation des données*

a) *Calcul du niveau de population.*

Pour chaque sous-zone, zone et au niveau de la vallée, on peut calculer :

- *le nombre moyen de nids par pin.*

$$\text{Soit} \quad \frac{\Sigma x}{Np}$$

où Σx représente la somme des nids dénombrés et Np le nombre de pins échantillonnés.

- *le nombre moyen de nids par placette.*

Ce critère tient compte de la densité des pins, il est donné par :

$$\frac{\Sigma px}{Npl}$$

où px représente le nombre de pins par placette multiplié par le nombre de nids sur le pin échantillonné, c'est-à-dire une estimation du nombre de nids de la placette.

Σpx , la somme de px pour l'ensemble des placettes échantillonnées et Npl le nombre de placettes échantillonnées.

— la population totale.

Elle est donnée par :

$$\Sigma px \times \frac{1}{f}$$

où f représente la fraction d'échantillonnage soit 1/100 dans le cas présent.

Le calcul de l'erreur faite sur ces différentes estimations est en cours.

b) *Dépouillement des données fournies par l'enquête écologique*

La présence ou l'absence de maladies ou de parasites dans les nids récoltés ainsi que les pourcentages de cas observés sont étudiés en fonction des critères écologiques relevés sur le terrain.

Les résultats obtenus sont traduits sous forme de graphiques et les cas enregistrés sont reportés sur carte pour avoir une représentation de la répartition spatiale des agents de régulation à chaque cycle. Notons que les données fournies par l'enquête ne concernent que la fin du développement larvaire de la Processionnaire et n'ont donc de valeur que si elles sont complétées par les informations parcellaires.

5. — RÉSULTATS OBTENUS SUR LE NIVEAU DE POPULATION AU COURS DU CYCLE 1965-1966

A. — ETUDE DES FLUCTUATIONS INTRACYCLIQUES

1. *Analyse des résultats*

L'estimation de la mortalité durant la période nymphale sera établie prochainement après confrontation avec MM. Guy DEMOLIN et Paul DU MERLE, spécialistes de l'éthologie de la Processionnaire et de la biologie des principales espèces entomophages.

L'analyse des variations durant les âges larvaires a été effectuée sous la direction de M. J. ARNOUX, Directeur du Laboratoire de Biométrie du C.N.R.A. à Versailles. On s'est référé pour les diverses techniques d'analyse à SNEDECOR (1962).

a) *Technique d'analyse*

Pour enregistrer ces variations, il est nécessaire de comparer le niveau de population observé au cours des prélèvements successifs. Mais le nombre d'insectes récoltés varie considérablement d'un pin à un autre, en fonction du nombre d'œufs primitivement déposés. Dans ces conditions, l'analyse appropriée est l'analyse de cova-

riance qui permet de tester les différences entre prélèvements en tenant compte de la relation entre le nombre de chenilles et la population initiale d'œufs sur chaque arbre échantillonné.

b) *Conditions d'application préalable.*

— *L'homogénéité de la variance* a été testée par le X^2 de BARTLETT. Le X^2 non significatif obtenu indique que cette condition est satisfaite. Toutefois, la transformation logarithmique des données rend le X^2 significatif. Cette transformation est donc injustifiée dans le cas présent.

— *L'homogénéité de la régression* entre la variable dépendante (nombre de chenilles) et la variable indépendante (nombre d'œufs) a été également testée. Les calculs sont donnés pour la parcelle PK 51 (tabl. 1,1). Les résultats obtenus montrent

TABLEAU 1

Parcelle : PK 51

Analyse d'homogénéité de la régression : population résiduelle/nombre d'œufs déposés

1° Sur la totalité des prélèvements :

	TOTAL				RÉGRESSION		ERREUR	
	D.L.	S_y^2	S_x^2	S_{xy}	D.L.	S.C. Régression	D.L.	S.C. Erreur
Prélèvements								
1	7	7 816 438	19 819 042	12 354 094	1	7 700 858	6	115 579
2	7	17 749 643	39 548 809	25 833 258	1	16 874 270	6	875 373
3	7	6 196 814	16 433 943	6 929 406	1	2 921 798	6	3 275 016
4	7	19 682 021	58 442 306	29 108 326	1	14 497 968	6	5 184 053
5	7	1 277 677	27 446 943	2 793 813	1	284 381	6	993 296
	35	52 722 593	61 691 043	77 018 897	5	42 279 275	30	10 443 317

 b

0,623 345

0,653 199

0,421 652

0,498 069

0,101 790

 $b = 0,476 334$

Variance

35	52 722 593	Reg. commune	1	36 686 701	
		Différence entre Reg.	4	5 592 574	1 398 143,5
		Erreur	30	10 443 317	348 110,6

 $F = 4,016$

SIGNIFICATIF

 $F_{\text{tables}} = 2,69$

0,05

que, sur l'ensemble des peuplements, cette condition n'est pas remplie. Au cours des derniers stades se produit, en effet, dans toutes les parcelles, une baisse importante du niveau de population qui s'accompagne d'une chute significative de la régression.

On a donc recherché (tabl. 1, 2) jusqu'à quel prélèvement la régression reste homogène. Les résultats des tests effectués montrent qu'elle demeure homogène durant les 4 premiers prélèvements pour la parcelle PK 51, durant les 3 premiers prélèvements seulement pour les autres parcelles.

TABLEAU 1 (suite)

Parcelle : PK 51

Analyse d'homogénéité de la régression : population résiduelle/nombre d'œufs déposés

2) Sur les 4 premiers prélèvements :

TOTAL				RÉGRESSION		ERREUR		
D.L.	Sy^2	Sx^2	Sxy	D.L.	S.C. Régres- sion	D.L.	S.C. Erreur	
28	51 444 916	134244101	74 225 085	4	41 994 894	24	9 450 022	$B = 0,559\ 111$

28	51 444 916	{	Reg. commune	1	41 039 890	Variance
			Différence entre Reg.	3	955 004	318 334,7
			Erreur	24	9 450 022	393 750,9

 $F = 0,808$ NON SIGNIFICATIF $F_{tables} = 2,78$

0,05

c) Calculs.

L'analyse de covariance a donc pu être effectuée en éliminant le 5^e prélèvement pour la parcelle PK 51 et les deux derniers prélèvements pour les autres parcelles. Les calculs sont donnés pour la parcelle PK 51 (tabl. 2).

TABLEAU 2

Parcelle : PK 51

Analyse de covariance portant sur les 4 premiers prélèvements

x = nombre d'œufs déposés
 y = population résiduelle

Source de variation	D.L.	Sx^2	Sxy	Sy^2	Régression	Sy^2 corrigée	D.L.	Variance
Total	31	149 559 319,3	76 500 543,0	59 021 962,0	39 130 514,2	19 891 447,8	30	
Prélèvements	3	15 315 218,6	2 275 458,3	7 577 046,3	—	9 486 386,6	3	3 162 128,9
Erreur	28	134 244 100,7	74 225 084,7	51 444 915,7	41 039 890,5	10 405 061,2	27	385 372,6

 $F = 8\ 21$ $F_{tables} = 2\ 96$

0,05

 $F_{tables} = 4\ 60$

0,01

SIGNIFICATIF

Enfin, le nombre moyen de chenilles par pin observé à chaque prélèvement a été corrigé en tenant compte de la relation entre le nombre de chenilles et le nombre d'œufs initialement déposés afin d'obtenir à chaque prélèvement une valeur représentative de la parcelle, directement comparable à celles trouvées au cours des autres dénombrements et permettant ainsi de suivre l'évolution de la population étudiée durant tout le développement larvaire. Cette valeur est donnée par :

$$(\bar{y} - \bar{y}') = b (\bar{x} - \bar{X})$$

où $\bar{y}$ représente le nombre moyen de chenilles par pin obtenu à un prélèvement déterminé,

$\bar{y}'$ la valeur corrigée de $\bar{y}$,

$\bar{x}$ le nombre moyen d'œufs par pin correspondant à ce prélèvement,

$\bar{X}$ le nombre moyen d'œufs par pin sur tous les arbres échantillonnés,

b le coefficient de régression du nombre de chenilles sur le nombre d'œufs (pente de la droite de régression).

Les valeurs corrigées obtenues dans la parcelle PK 51 sont représentées figure 2.

FIG. 2. — Population résiduelle moyenne par prélèvement

Jusqu'au 4^e prélèvement la condition d'homogénéité de la régression étant satisfaite, la correction est effectuée d'après la régression commune aux 4 premiers prélèvements ; pour le 5^e prélèvement la correction est effectuée d'après la régression propre à ce prélèvement.

d) Résultats.

L'évolution de la population moyenne dans les différentes parcelles est représentée figures 3 à 7. L'analyse de covariance a montré pour les parcelles classées par ordre d'altitude croissante :

FIG. 3. — Evolution de la population moyenne par pin (parcelle PK 51).

— qu'il existe à PK 51 une chute de population significative au cours des 4 premiers prélèvements. Cette signification est essentiellement due au 4^e prélèvement. La réduction de population se poursuit entre le 4^e et le 5^e prélèvement avec diminution simultanée de la régression ;

— qu'il n'existe pas de réduction significative de population au cours des 3 premiers prélèvements à Mezza-Luna, Pente des genêts et Castellace bas. L'examen des moyennes montre cependant qu'une baisse importante du niveau de population a eu lieu entre le 3^e et le 4^e prélèvements accompagnée d'une diminution de la régression;

FIG. 4. — Evolution de la population moyenne par pin (parcelle Mezza Luna).

— qu'il existe une chute de population significative à Castellace haut au cours des 3 premiers prélèvements. Cette réduction de population se produit essentiellement entre le 2^e et le 3^e stades. Elle précède la chute de régression.

2. Discussion

L'examen des résultats, représentés figure 5, montre qu'il y a eu dans toutes les parcelles d'étude au cours du cycle 1965-1966 :

— une diminution notable de population au stade œuf, essentiellement due aux Chalcidiens parasites des œufs et suivie d'une certaine mortalité des jeunes larves à l'éclosion ;

— aucune mortalité appréciable au cours des premiers âges larvaires ;

— une réduction brutale de la population avant l'hiver 1965-1966. Cette réduction s'est généralement produite entre le 3^e et le 4^e prélèvements. Elle a donc affecté particulièrement le 3^e et le 4^e stades larvaires.

Il faut noter cependant que l'abaissement du niveau de population a toujours précédé la chute de la régression. C'est-à-dire que la relation entre le nombre de chenilles par pin et la population initiale d'œufs persiste un certain temps alors que les chenilles sont déjà soumises à une mortalité importante.

FIG. 5. — Evolution de la population moyenne par pin (parcelle Pente des Genêts).

D'autre part, la réduction de population et la disparition de la régression ont été d'autant plus précoces, vis-à-vis du développement de l'insecte, que l'altitude de la parcelle considérée était grande. Ainsi dans la parcelle la plus élevée (Castellace haut), la chute de population ne s'est pas produite entre le 3^e et le 4^e prélèvements, mais entre le 2^e et le 3^e et a donc affecté des chenilles plus jeunes d'un stade en moyenne.

FIG. 6. — Evolution de la population moyenne par pin (parcelle Castellacce bas).

B. — ESTIMATION DU NIVEAU DE POPULATION DE LA VALLÉE

1. Résultats obtenus

Les résultats concernant la population totale observée, le nombre moyen de nids par placette et le nombre moyen de nids par pin sont détaillés respectivement par zone, sous-zone et au niveau de la vallée (tabl. 3, 4 et 5), à l'exception de la zone C qui n'a pu être introduite dans le dispositif d'échantillonnage qu'en 1968.

FIG. 7. — Evolution de la population moyenne par pin (parcelle Castellace haut).

2. Discussion

L'estimation de la population globale au niveau de la vallée est de 6 000 000 de nids environ.

Il est intéressant de constater :

— que malgré l'importance de la réduction enregistrée dans toutes les parcelles d'étude, la population de Processionnaires atteignait au moment de l'enquête (soit juste avant la dispersion de nymphose) un niveau très supérieur à celui nécessaire au maintien de la pullulation ;

— qu'un sixième seulement de cette population se trouvait dans les peuplements clairs, alors que près de 3 000 000 de nids étaient tissés dans les zones de mas-

TABEAU 3

Dénombrement des nids 1966 : population totale en nids

Zone	Sous-zone	Nature du peuplement	Population totale
A Casamaccioli 361 500 nids	1	Clair de basse altitude C	37 200
	2	Dense D	97 000
	3	Moyennement dense MD	209 700
	4	Isolés d'altitude I	17 600
B Montagnola 364 900 nids	5	C	16 300
	6	D	6 400
	7	MD	289 500
	8	I	52 700
D Frascajo-Valendro 2 074 600 nids	11	C	187 500
	12	D	910 800
	13	MD	922 000
	14	I	54 300
E Golo-Chierrage 998 000 nids	15	D	750 700
	16	MD	223 300
	17	I	24 000
F St-Remy-Frascajo 594 600 nids	18	C	125 700
	19	D	320 300
	20	MD	148 600
G Golo-Supérieur 1 073 900 nids	21	C	187 000
	22	D	701 300
	23	MD	115 200
	24	I	70 400
H Calasima Bas 260 500 nids	25	C	128 600
	26	D	36 800
	27	MD	95 100
I Calasima Moyen 168 500 nids	28	C	18 800
	29	D	67 200
	30	MD	74 300
	31	I	8 200
J Calasima Haut 165 000 nids	32	C	5 000
	33	MD	133 600
	34	I	26 400

	Peuplements clairs	706 100 nids
Total général : 6 061 500 nids	— denses	2 890 500 nids
	— moyennement denses	2 221 300 nids
	— isolés d'altitude	253 600 nids

TABLEAU 4

Dénombrement des nids 1966 : nombre moyen de nids par pin

Zone	Sous-zone	Nature du peuplement	Population totale
A Casamaccioli 5,46	1	Clair de basse altitude C	10,03
	2	Dense D	13,60
	3	Moyennement dense MD	3,77
	4	Isolés d'altitude I	3,88
B Montagnola 2,73	5	C	3,91
	6	D	0,33
	7	MD	2,74
	8	I	2,48
D Frascajo-Valendro 7,98	11	C	10,11
	12	D	7,25
	13	MD	8,42
	14	I	6,16
E Golo-Chierrage 8,93	15	D	6,64
	16	MD	12,89
	17	I	9,96
F St-Remy-Frascajo 11,71	18	C	7,95
	19	D	17,48
	20	MD	12,54
G Golo-Supérieur 13,19	21	C	12,57
	22	D	9,30
	23	MD	16,56
	24	I	24,00
H Calasima Bas 10,12	25	C	12,83
	26	D	6,00
	27	MD	5,87
I Calasima Moyen 5,02	28	C	6,30
	29	D	1,74
	30	MD	5,00
	31	I	26,67
J Calasima Haut 4,85	32	C	5,00
	33	MD	4,69
	34	I	5,31

Moyenne générale : 7,78

Peuplements clairs	9,25
— denses	7,42
— moyennement denses	7,71
— isolés d'altitude	6,77

TABLEAU 5

Dénombrement des nids 1966 : nombre moyen de nids par placette

Zone	Sous-zone	Nature du peuplement	Population totale
A Casamaccioli 24,26	1	Clair de basse altitude C	11,62
	2	Dense D	194,00
	3	Moyennement dense MD	26,54
	4	Isolés d'altitude I	5,33
B Montagnola 25,34	5	C	7,09
	6	D	10,67
	7	MD	44,54
	8	I	10,54
D Frascajo-Valendro 42,25	11	C	36,06
	12	D	59,14
	13	MD	39,57
	14	I	10,65
E Golo-Chierrage 48,45	15	C	63,08
	16	MD	35,44
	17	I	10,00
F St-Remy-Frascajo 66,07	18	C	30,66
	19	D	139,26
	20	MD	57,15
G Golo-Supérieur 85,91	21	C	89,05
	22	D	118,86
	23	MD	36,00
	24	I	54,15
H Calasima Bas 32,97	25	C	26,79
	26	D	23,00
	27	MD	63,40
I Calasima Moyen 16,78	28	C	6,27
	29	D	21,68
	30	MD	20,08
	31	I	27,33
J Calasima Haut 23,91	32	C	4,54
	33	MD	29,69
	34	I	20,31

	Peuplements clairs	27,36
Moyenne générale : 41,68	— denses	69,81
	— moyennement denses	37,16
	— isolés d'altitude	13,56

sifs denses que l'on pouvait considérer, compte tenu de nos connaissances, comme moins attractifs et susceptibles d'abriter des populations nettement plus diluées.

Le nombre moyen de nids par placette confirme ces résultats : le nombre de nids est plus élevé dans les peuplements denses puis dans les peuplements moyennement denses, les valeurs les plus faibles sont obtenues dans les peuplements clairs.

Enfin, le nombre moyen de nids par pin renseigne sur l'intensité et la localisation de l'attaque. Il apparaît que :

- le nombre moyen de nids par pin varie peu d'un étage à l'autre, ce qui confirme les résultats précédents,
- les zones situées à l'adret du cours du Golo (Golo supérieur, Frascajo, Saint-Remy, Calasima bas) furent plus infestées que celles situées à l'ubac,
- les régions élevées de Calasima haut et de Montagnola présentaient les populations les plus faibles.

6. — CONCLUSION

Le dispositif d'étude quantitative mis en place n'a d'intérêt que si les mesures sont poursuivies durant un certain nombre d'années et toute conclusion basée sur un seul cycle biologique de l'insecte risque d'être erronée. Il résulte cependant des observations faites jusqu'à présent :

— que l'échantillonnage parcellaire, bien que trop imprécis pour apprécier les faibles variations de population survenant au cours de certains stades, a permis de mettre en évidence, avec un nombre de pins limité, l'existence de périodes critiques dans le développement de l'insecte (avant l'hiver notamment) et de montrer que sur des parcelles choisies dans des conditions écologiques différentes, des phénomènes parallèles de mortalité peuvent se produire, quelle que soit la nature des facteurs de réduction mis en cause. Ce premier résultat permet de penser qu'il n'est pas impossible de décrire l'évolution de la population d'une vallée à partir d'un nombre limité de tables de mortalité,

— que les informations fournies par l'enquête extensive ont montré l'intérêt des zones de peuplements denses ; ces zones peuvent constituer de véritables réservoirs au cours d'une infestation telle que celle de 1965-1966. Il sera donc nécessaire d'obtenir, dès que possible, des données sur la population de ces massifs. Comme il est difficilement concevable, pour l'instant, d'ouvrir des parcelles d'étude dans ce type de peuplement vu la taille des sujets, l'exploitation des documents (pontes, nids, etc.) que pourraient fournir les pins abattus lors des coupes forestières est actuellement envisagée.

SUMMARY

STUDY OF THE VARIATIONS IN THE POPULATION LEVEL OF PINE PROCESSIONARY
IN NIOLO VALLEY (CORSICA)

The Pine Processionary population (*Thaumetopoea pityocampa* SCHIFF) of the Niolo Valley (Corsica) is likely an ecotype without interference with the neighbouring valleys.

A quantitative scheme was established to study this population fluctuations. It allows to estimate:

- Intracyclic changes in population level of defined plots,
- Transcyclic changes in population level of the whole valley.

This scheme is completed by a set of observations made on mortality factors.

Intracyclic changes are estimated by sampling a definite number of pines chosen at random in every plot. The data obtained are handled by covariance analysis.

For every generation transcyclic changes are observed by counting the nests occurring on 1,500 pines distributed in the whole valley.

To find the connection between local processes recorded at every cycle in the plots and the insect dynamics in the valley, multiple correlation analysis will be carried out further.

Presently the first observations made during a complete biologic cycle of the Pine Processionary (1965-1966) show in every plot, an important decrease of population occurring before winter 1965. In spite of this mortality, about 6,000,000 nests were still present in the valley during the following spring. This number accounts for the importance of the rate of infestation and the possibility of persistent damages during the following years. Moreover, the distribution of these nests shows the importance of dense forest areas for maintaining the population.

ZUSAMMENFASSUNG

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE SCHWANKUNGEN DER POPULATIONSDICHTEN
DES KIEFERNPROZESSIONSSPINNERS IM NIOLO TAL (KORSICA)

Die Population des Kiefernprozessionsspinners (*Thaumetopoea pityocampa* SCHIFF.) des Niolo Tals (Korsica) bildet wahrscheinlich ein ohne Verbindung mit den anliegenden Tälern Ökotyp.

Um die Entwicklung dieser Population zu erforschen, wurde das Schema einer quantitativen Untersuchung eingeführt.

Dieses erlaubt zu schätzen:

- die intrazyklischen Variationen der Populationsdichte in bestimmten Parzellen,
- die Schwankungen der Populationsdichte im ganzen Tal.

Mehrere Untersuchungen über die Faktoren der Populationsverminderung ergänzen dieses Schema.

Die intrazyklischen Variationen werden mit Hilfe von einigen in jeder Parzelle zufällig gewählten Kiefern geschätzt. Die Ergebnisse werden durch Kovarianzanalyse ausgewertet.

Die transzyklischen Variationen sind durch Aufzählung, für jede Generation, der auf 1500 im ganzen Tal verteilten Kiefern anwesenden Nester beobachtet.

Später wird man die Beziehungen zwischen den für jedes Zyklus auf den Versuchspartellen örtlich aufgezeichneten Erscheinungen und der Populationsdichte des Insekts im Tal durch Mehrfachkorrelationsanalyse untersuchen.

Die ersten Untersuchungen, die während eines ganzen biologischen Zyklus des Kiefernprozessionsspinners (1965-1966) gemacht worden sind, lassen in allen Parzellen eine erhebliche Populationsverminderung vor dem Winter 1965 erkennen.

Trotz dieser Mortalität gab es im nachfolgenden Frühling (1966) noch ungefähr 6 000 000 Nester im Tal. Diese Zahl zeigt die Grösse der Befallsstärke und die mögliche Beharrlichkeit der Schaden während der späteren Jahre an.

Die Verteilung der Nester bringt ausserdem ans Licht den Einfluss der Gebirgsstockgebiete auf die Populationserhaltung.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BILIOTTI E., 1958. — Les parasites et prédateurs de *Thaumetopoea pityocampa* SCHIFF. (*Lepidoptera*) *Entomophaga*, 3, 23-24.
- BOVEY P. et BALTENSWEILER W., 1963. — Techniques d'échantillonnage dans l'étude de la dynamique des populations d'insectes forestiers phylophages. *Terre et Vie*, 3, 357-366.
- DEMOLIN G., 1962. — Comportement des chenilles de *Thaumetopoea pityocampa* SCHIFF. au cours des « processions de nymphose ». *C. R. Acad. Sci.*, **254**, 733-734.
- DEMOLIN G., 1962. — Comportement des adultes de *Thaumetopoea pityocampa* SCHIFF., *C. R. Acad. Sci.*, **255**, 2838-2839.
- DU MERLE P., 1964. — Cycle biologique d'un diptère Bombyliidae du genre Villa. *C.R. Acad. Sci.*, **259**, 1657-1659.
- DUSAUSOY G. et GERI C., 1966. — Etude d'une population de *Diprion pini* (Hym. Symphytes) en forêt de Fontainebleau. I. Données biologiques sur *Diprion pini* et ses principaux parasites. *Ann. Soc. Ent. Fr. (N.S.)*, **2** (3), 503-534.
- GERI C. et DUSAUSOY G., 1966. — Etude d'une population de *Diprion pini* (Hym. Symphytes) en forêt de Fontainebleau. II. Etablissement d'une table de mortalité. *Ann. Soc. Ent. Fr. (N.S.)*, **2** (3), 535-548.
- MORRIS R. F., 1955. — The development of sampling technics for forest insect defoliators with particular reference to the Spruce budworm. *Canad. J. Zool.*, **33**, 255-294.
- MORRIS R. F., 1963. — Predictive equations based on keys factors. *Mem. Entomol. Soc. Canada*, **32**, 15-21.
- MORRIS R. F. et MILLER C.-A., 1954. — The development of life tables for the Spruce budworm. *Canada J. Zool.*, **32**, 283-301.
- PRESSAT R., 1961. — *L'analyse démographique, méthodes, résultats, applications*. Presses universitaires de France, Paris, 402 p.
- SNEDECOR G. W., 1962. — Statistical methods applied to experiments in agriculture and biology : *The Iowa state university Press*. Ames., Iowa, USA.
- STARK R. W., 1958. — Life tables for the Lodgepole needle miner, *Recurvaria starki* FREE (*Lepidoptera*, *Gelechiidae*), *Proceed 10th Intern. Congr. Entomology*, Montreal 1956, 152-164.
- VAGO C., 1958. — Virose intestinale chez la Processionnaire du pin, *Thaumetopoea pityocampa* SCHIFF. (*Lepidoptera*). *Entomophaga*, 3, 35-37.