

Diss ETH 6295

GENETISCHE UNTERSUCHUNGEN UEBER ISOZYME IM ZUSAMMENHANG  
MIT DEM GRADOLOGISCHEN VERHALTEN DES LAERCHENWICKLERS  
ZEIRAPHERA DINIANA (GN.) (LEP., TORTRICIDAE)

A B H A N D L U N G  
zur Erlangung  
des Titels eines Doktors der Naturwissenschaften  
der  
E I D G E N O E S S I S C H E N T E C H N I S C H E N  
H O C H S C H U L E Z U E R I C H

vorgelegt von  
BERNADETTE VERDON  
Dipl.Natw.ETH  
geboren am 25. Januar 1950  
von Le Locle/NE

Angenommen auf Antrag von  
Prof. Dr. G. Benz, Referent  
Prof. Dr. F. Würgler, Korreferent

1978

## Résumé

On observe dans les Alpes, à intervalles réguliers de huit à dix ans, des ravages importants dans les forêts de mélèzes causés par les pullulations périodiques de la tordeuse grise du mélèze, Zeiraphera diniana. Cette période de la gradation, appelée culmination, dure de deux à trois ans consécutifs. Le comportement de ce microlépidoptère fait depuis longtemps l'objet de recherches approfondies. Le présent travail se propose, par une approche relevant de la génétique des populations, d'éclaircir les relations existant entre d'une part, chance de survie individuelle et génotype, abondance et composition génétique d'une population d'autre part. Dans ce but, un aspect du système génétique de la tordeuse du mélèze a été étudié sur une durée de quatre ans - en partie avant, pendant et après la culmination -, à l'aide de l'analyse électrophorétique de trois systèmes d'enzymes.

Un modèle génétique pour les isozymes principales de chaque enzyme a été mis sur pieds, grâce auquel les fréquences alléliques ont été calculées.

- Pour l'estérase (6 isozymes), un mécanisme basé sur trois loci comprenant chacun trois allèles dont une muette a été mis en évidence.
- Pour la leucine-aminopeptidase (3 isozymes), le modèle de triallélie a été préféré à celui basé sur trois loci différents. Chez les hétérozygotes, une des deux isozymes caractéristiques peut être absente.
- Pour la phosphoglucomutase (5 isozymes), il a été établi que deux isozymes appartiennent au même locus, tandis que les trois autres sont contrôlées par des loci distincts.

De 1972 à 1975 des échantillons ont été récoltés à divers endroits de la Haute Engadine et de la Vallée de l'Albula, ainsi qu'en 1972 à un endroit du plateau suisse. Les fréquences alléliques des échantillons ont été comparées, groupées par

facteur d'influence possible: année et méthode de ramassage, sexe et âge des papillons, intensité des dégâts et leur séquence (suite chronologique de deux années présentant des dégâts, d'une année sans et d'une avec dégâts et inversément), altitude des biotopes et leur exposition.

Il a été constaté que l'intensité des dégâts et surtout la séquence de ceux-ci sont les seuls facteurs exerçant une influence significative sur la fréquence d'un certain nombre d'allèles. Cette influence se laisse caractériser comme suit: alors que les fréquences d'un premier type d'allèles varient seulement pendant la culmination, mais qu'elles montrent après celle-ci les mêmes valeurs qu'avant l'apparition des dégâts, celles d'un second type subissent sous ce rapport une modification (diminution ou augmentation). Ces variations de fréquence après les années de forte densité doivent être mises en liaison avec les conditions régnant après la culmination, la diminution de la qualité nutritive des aiguilles de mélèze causée par les ravages des larves étant le facteur de sélection le plus probable (réaction du mélèze).

Une autre cause du recul de la densité peut résider, selon constatation en laboratoire, dans l'élimination d'une partie des génotypes porteurs de loci muets, - par suite d'un enrichissement des allèles muettes dans les années de pullulation -, ainsi que dans le taux d'émergence réduit des descendants de couples montrant les constitutions génétiques typiques de l'après-culmination. L'analyse des fréquences alléliques pour les loci de l'estérase montre en effet que l'activité enzymatique et sa diversité (davantage d'hétérozygotes) sont plus grandes dans les années suivant la culmination.

L'hypothèse est émise que les fréquences alléliques se répètent d'une gradation à l'autre, c'est-à-dire qu'une population présente avant chaque culmination les mêmes fréquences qu'avant la précédente. Pour cela le rôle sélectif de la diminution qualitative de l'alimentation induite par l'espèce elle-même

serait d'importance capitale. Une régulation génétique de la gradation se ferait ainsi par sélection alternée de différents génotypes, comme ceci semble être le cas pour trois allèles. Un pronostic basé sur cette hypothèse - en admettant que quatre ans suffisent à rétablir le régime alimentaire normal et que la valeur fitness des allèles reprenne alors les valeurs constatées dans les élevages -, a été établi pour la prochaine gradation. La possibilité que le polymorphisme enzymatique ne serve pas seulement à garantir la survie de l'espèce par adaptation, mais détermine le comportement gradologique est également discutée.

Vu sous l'angle du présent travail, la durée des dégâts semble dépendre de l'entrée en vigueur et de l'intensité de la réaction du mélèze. Les causes de la formation de cette réaction sont les seules variables contribuant à modeler l'aspect des gradations sans toutefois en influencer le déroulement. Dans cette optique, les gradations de la tordeuse du mélèze sont à considérer comme l'expression d'un équilibre dynamique dans l'écosystème. On ne peut songer à lutter contre les pullulations sans changer les composantes de celui-ci.

## Abstract

The larch bud moth Zeiraphera diniana causes in the culmination period of its cyclic gradations serious damage in the larch forests of the Alps every 8 to 10 years. By adopting an approach based on population genetics the present work aims at clarifying the relations between the rate of survival, the density and the genetic composition of the bud moth populations. With this intention three enzyme systems of the larch bud moth were studied by means of electrophoretic analysis over a period of 4 years before, during and after the culmination of a gradation in the Upper Engadine and the nearby Albulatal.

Genetic models for the esterase (6 isozymes), the leucine amino peptidase (3 isozymes) and the phospho glucomutase (5 isozymes) were constructed. From these allelic frequencies were calculated and compared with each other.

A comparison was made of the allelic frequencies in samples grouped according to factors suspected to be significant (year and method of collection, sex and age of the moths, intensity and sequence of damage, altitude and degree of exposure of the biotopes). The only factors found to significantly affect the frequency of a certain number of alleles were the intensity of damage to the larch tree and particularly the sequence of damage during 2 consecutive years.

The influence of these factors can be characterized as follows: One type of the alleles changes in frequency only during the years of actual damage, but has the same frequency before and after the culmination. In these cases high density of the larvae and/or lack of food seem(s) to be the selective factor(s). The frequencies of another type of alleles show longer lasting modifications (one increasing and one decreasing). These variations of frequency after years of high density must be related

to the genetic constitutions prevalent after the culmination. The reduced nutritive value of the needles in the years following defoliation being most likely the selective factor.

According to the results of laboratory experiments another cause for the decrease of population density could be the partial elimination of the genotypes with silent loci, the silent alleles having been accumulated during the culmination period.

The hypothesis is put forward that different specific allelic frequencies in the bud moth populations are characteristic for the different phases of the gradations. The decrease in the nutritive value caused by the species itself is considered to be the most important selective factor. The gradations would therefore be regulated by the alternating selection of different genotypes, as demonstrated for three alleles.

Based on this hypothesis, a prediction of the next gradation is possible, supposing that four years are sufficient to re-establish the food quality and that the alleles by then regain the fitness values observed in laboratory breeding. The possibility that enzyme polymorphism guarantees the survival of the species through adaptation and at the same time determines the gradological behaviour is being discussed. The gradations of the larch bud moth at high altitude are considered prerequisites of the stability of the ecosystem.