

ÉTUDE DES EFFETS DES VARIATIONS THERMIQUES SUR LES CARACTERISTIQUES BIOCHIMIQUES ET PONDÉRALES DE *CHAITOPHORUS LEUCOMELAS* (KOCH, 1854)

Z.E. DJAZOULI⁽¹⁾, F.Z.
TCHAKER⁽¹⁾ et D. PETIT⁽²⁾

(1) Université SAAD
Dahleb, Faculté des
Sciences Agro-Vétérinaires,
département d'Agronomie,
BP 270, route de Soumâa,
Blida (Algérie).
zahrer2002@yahoo.fr

(2) UMR 1061, INRA,
Université de Limoges, 123,
avenue A. Thomas, 87060
Limoges cedex
(France).daniel.petit@unili
m.fr

Résumé.

La présente étude vise à étudier la possible existence d'une relation directe entre le stress thermique et la nature des contraintes énergétiques de la reproduction et du conditionnement chez *Chaitophorus leucomelas*. Les résultats auxquels nous avons aboutis stipulent que les réserves énergétiques et les mesures pondérales subissent de forts remaniements en fonction de la saison et du cycle de reproduction de l'espèce étudiée. Les résultats dénotent une importance des réserves énergétiques et des mesures pondérales chez les fondatrigenes aptères et ailées d'une part, d'autre part, ils affichent une similitude des taux des réserves lipidiques et glucidiques des deux générations de sexupares selon un gradient thermique-dépendant, extériorisant une association entre la disponibilité lipidique et glucidique avec le facteur thermique.

Mots clés : *Fondatrigenes, sexupares, gradient thermique, lipidique, glucidique.*

SUMMARY

Effects of variations in temperature on biochemical and ponderal characteristics of *Chaitophorus leucomelas* (Koch, 1854)

The aim of the present study was to evidence a possible direct relationship between the thermal stress and the energetic constraints on reproduction and conditioning in *Chaitophorus leucomelas*. The results obtained show that energy reserves (lipids and glucids) and weight measurements undergo strong variations related to the season and the reproduction cycle. This indicates on one hand the importance of energy reserves and weight measurements in apterous fondatrigenes and winged individuals. On the other hand, they present a similarity between lipidic and glucidic reserve rates of the sexupare generation, according to a heat dependent gradient, showing an association between the lipidic and glucidic availability and the thermal factor.

Key words: *fondatrigenes, sexupares, heat gradient, lipids, glucids.*

Introduction

L'industrie forestière s'intéresse à une plus grande variété d'essences forestières, en partie pour des raisons de rentabilité, mais aussi parce que la demande en produits nouveaux ou de différentes qualités augmente. L'exemple le plus marqué est celui de l'utilisation

croissante du peuplier *Populus* sp. par les sylviculteurs. Le potentiel du peuplier provient notamment de sa fibre particulière, utilisée dans le secteur de la pâte à papier et du conditionnement, ainsi que de sa croissance rapide qui permet des rotations plus courtes (Fortin *et al*, 1999).

Bourdu (1986) estime que les cultures de peupliers sont équiennes et constituées habituellement d'un seul cultivar. De ce fait, les attaques parasitaires peuvent donc être nombreuses, répétées et très dommageables. Parmi les pucerons les plus redoutables, *Chaitophorus leucomelas* Koch, constitue une véritable menace de par la gravité des nuisances dues à plusieurs facteurs : leur polyphagie, leur pouvoir d'adaptation rapide et leur grande capacité de reproduction (Barbagallo, 1985). La performance biologique de cet insecte est susceptible d'être influencée par la qualité nutritive du feuillage, la nature des générations et les variations des conditions abiotiques dans l'environnement (Scriber et Slansky, 1981).

Il est très difficile de prévoir quelle peut être la conséquence des changements attendus sur la pression globale des ravageurs forestiers. Ceci tient en partie à la forte diversité des stratégies chez ces organismes. Il est clair que les ravageurs, face à une augmentation de la fréquence des sécheresses, vont réagir de façon complexe, rendant toute prédiction hasardeuse (Chrousos, 1992). Mol-

ven et Goksoyr (1993) signalent que les organismes mettent en place différentes stratégies face à un stress et qu'il semble *a priori* que toutes ces réponses coûtent à l'organisme des ressources métaboliques et notamment énergétiques (réserves énergétiques).

La présente étude suggère une relation directe entre le stress thermique et la nature des contraintes énergétiques de la reproduction et du conditionnement. Les paramètres métaboliques ont été choisis du fait de leur implication dans les réponses à un stress thermique. Ainsi, les substrats énergétiques subissent de forts remaniements en fonction de la saison et du cycle de reproduction ; parmi eux, les sucres et les lipides constituent une forme rapidement mobilisable (Buet *et al.*, 1998). L'objet de nos investigations a été de préciser la nature et l'intensité de plusieurs processus métaboliques par l'analyse de paramètres biométriques (mesure pondérales), métaboliques (réserve énergétique : lipides et sucres).

MATÉRIEL ET MÉTHODE

1. Zonage topographique, bioclimat et climatologie des régions d'étude

L'étude a été réalisée dans 3 sites différemment distants de la mer. La commune de Dar-El-Beida est située au cœur de la Wilaya d'Alger, à une altitude de 24 m, une longitude de 03°15'E et une latitude de 36°43'N (Kechroud, 1996) ; la région de Soumâa est située au piémont de l'Atlas Blidien, à 7 Km de la ville de Blida, à une altitude de 80 à 100 m, une longitude de 2°45'E et une latitude de 36°35'N (Loucif et Bonafonte, 1977) ; Gouraya est une ville côtière située à l'ouest de la Wilaya de Tipaza à environ 60 Km du chef-lieu de la Wilaya et à 120 Km de la capitale Alger Zaccar (Myers et Cowling, 1999). Les principaux paramètres climatiques synthétisés d'après l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques de Soumâa sont indiqués pour les 3 localités d'étude dans le tableau I.

Les diagrammes de Gaussen (1954) stipulent une diminution des températures moyennes selon un gradient dépendant de la période sèche dans les sites de Gouraya, Dar El Beida et Soumâa, avec des durées respectives de 9 mois, 5,5 mois et 4 mois.

	Mois	Jan.	Fév.	Mar	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Gouraya	T°min	5.07	6.64	9.51	9.2	25.8	18.8	20.7	20.2	17.3	14.1	10.9	6.84
	T°max	18.41	17.9	20.1	21.9	13.8	30.6	30.1	33.6	30.2	27.3	18.7	18.87
	T°moy	11.4	12.6	14.7	15.5	19.7	24.7	25.4	26.9	30.1	20.2	16	12.8
	PV mm	134.3	71.6	45.1	67.9	45.4	28.2	33.1	6.5	30.6	33.2	68.9	211.5
Dar El Beida	T°min	5.7	5	7.1	8.9	12.6	16.4	19	20.2	17.6	14.2	9.7	6.9
	T°max	17.3	17.2	20	21.9	24.7	29.4	31.6	32.7	29.8	26.6	20.6	17.9
	T°moy	11.5	11.1	13.6	15.4	18.7	22.9	25.3	26.5	23.7	20.4	15.1	12.4
	PV mm	83.5	82	39.6	63.8	46.4	4.9	2.1	11.6	24.4	47.3	98	91.5
Soumâa	T°min	4.27	4.63	6.66	8.69	11.4	17	17.5	17.4	15.5	14.2	9.6	6.42
	T°max	17.08	18.2	21	23	25.8	30.8	32.9	34.3	24.7	27.6	21.4	19.79
	T°moy	10.67	11.2	13.8	12.3	7.1	23.9	25.2	25.8	20.1	20.9	15.2	13.09
	PV mm	74.09	88.1	55.8	59.7	56.8	3.64	0.8	6.8	28	47.5	82.4	98.42

Tableau I: Variations mensuelles des températures et de la pluviométrie des trois sites d'études durant la période 1996-2006
Monthly temperature and rainfall changes during 1996-2006 period in the different sites of study

2. Technique de prélèvements

Le matériel biologique destiné à notre essai a été limité aux femelles vierges et sexuées de *Chaitophorus leucomelas* prélevées sur peuplier noir *Populus nigra* L. dans les régions de Soumâa, Gouraya et Dar El Beida durant deux périodes : automno-hivernale et printano-estivale. Le dispositif linéaire à placeaux d'observation, "les positions", proposé par Frontier (1983) a été adopté. La technique de dénombrement effectuée sur les 31 arbres obtenus par le biais des placeaux d'observation consiste à prélever deux feuilles de chaque point cardinal à un intervalle de 30 jours durant les deux périodes d'investigation. L'observation et l'identification des sexués et des femelles vierges de *C. leucomelas* sont effectuées au laboratoire par examen à l'aide d'un microscope stéréoscopique. Dix femelles sont prélevées durant chaque sortie, pesées et déposées dans des tubes eppendorf de 1,5 ml (préalablement tarés), conservées à -20°C pour d'éventuels traitements

ultérieurs.

3. Extraction et dosages

L'extraction et le dosage des réserves énergétiques (lipides et sucres) ont été réalisés selon les méthodes de Win Decoen (2000) et de Van Brummelen et Suijzand (1993).

4. Analyse des données

Dans les cas où plusieurs facteurs sont en jeu, il peut arriver que toutes les interactions entre facteurs ne soient pas pertinentes à tester. Nous avons alors utilisé le modèle linéaire global (GLM) en utilisant SYSTAT 12. Par exemple, si on désire connaître l'effet des facteurs A, B et C et seulement l'interaction entre A et C, il suffit de sélectionner explicitement ces 4 catégories. Ce modèle GLM permet d'étudier l'effet strict des différents facteurs sans faire intervenir toutes les interactions entre facteurs, ce qui rend les statistiques robustes.

RÉSULTATS

1. Comparaisons des paramètres énergétiques et pondéraux des différentes générations

Nous avons appliqué le modèle général linéaire (GLM), aux individus des générations fondatrigenes et sexupares de manière à étudier l'influence des localités sur le poids et les réserves énergétiques.

Le poids moyen des femelles fondatrigenes est significativement supérieur à celui des sexupares, avec des variations selon les localités (figure 1). Les individus de Soumâa pèsent davantage que ceux de Dar El Beida et *a fortiori* que ceux de Gouraya. Il est intéressant de constater que le poids supérieur des fondatrigenes correspond à des réserves glucidiques plus importantes et des réserves lipidiques plus faibles que chez les sexupares. Or, les fondatrigenes se développent au printemps alors que la qualité nutritive de la sève est optimale, ce qui leur permet d'avoir des réserves glucidiques immédiatement utilisables.

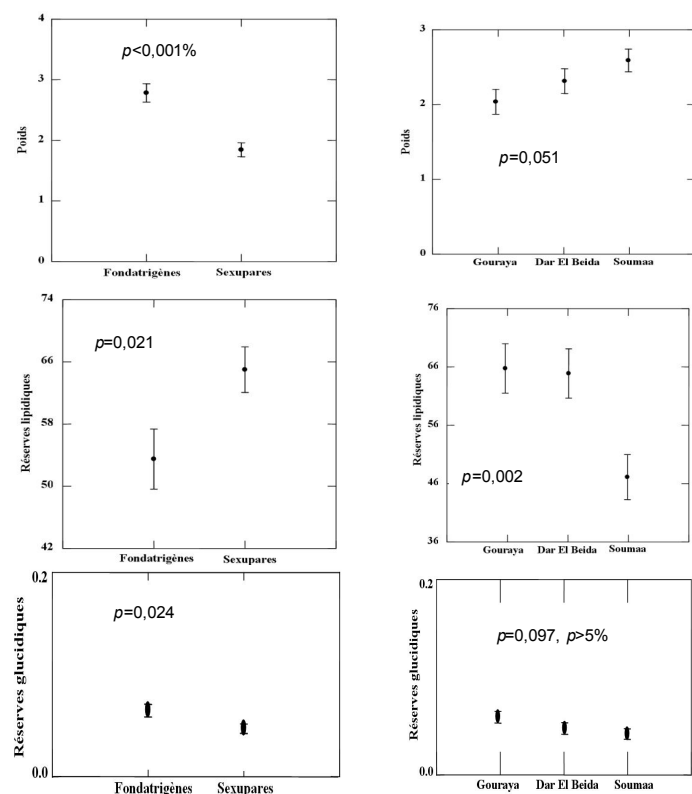


Figure 1 : Variations pondérales et énergétiques chez les générations fondatrigenes et sexupares

Weight and energetic changes at founder and sexupar generations

En revanche, les sexupares arrivent en fin de saison alors que la qualité de la sève est médiocre, ce qui entraîne peu de réserves glucidiques ; en revanche, elles font des réserves lipidiques de manière à préparer la génération sexuée. Au niveau des localités, les individus de Soumâa ont beaucoup moins de réserves lipidiques que ceux des deux autres villes, ce qui laisse supposer que la formation des sexués sera peu performante. De même, les réserves

glucidiques des individus de cette même ville sont moins importantes que ceux de Dar El Beida et Gouraya.

2. Réponses pondérales et énergétiques de la génération sexupare

La figure 2 porte sur l'application du modèle GLM sur la génération sexupare. On n'observe pas de différence de poids pour ces individus, ni entre les localités, ni entre les mois,

ni entre les générations. En revanche, chez les individus de Soumâa, les réserves lipidiques sont presque moitié moindre que celles des individus des deux autres localités, ce qui est en contraste flagrant avec ce qui avait été observé pour les générations fondatrigenes. De même, les individus de cette localité sont les moins riches en réserves glucidiques.

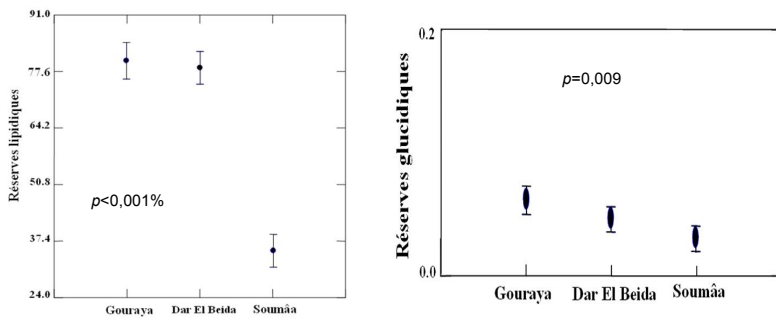


Figure 2: Variations pondérales et énergétiques chez les sexupares

Weight and energetic changes at sexupare generation

3. Réponses pondérales et énergétiques des générations fondatrigenes

L'application du modèle GLM (figure 3) nous permet d'observer que les fondatrigenes ailées pèsent davantage que les aptères ($p=0,071$). Ces deux formes ne diffèrent pas par rapport à leurs réserves lipidiques mais la forme ailée possède moins de réserves glucidiques qui serait liées aux dépenses énergétiques du vol. Le poids moyen des individus diminue significativement au cours du printemps alors que les réserves

lipidiques restent constantes. Les réserves glucidiques montrent un léger excès au mois de mai ($p=0,076$). La tendance à l'augmentation du poids des individus de Gouraya jusqu'à Soumâa, s'accroît dans cette génération fondatrigenes. Elle est en relation avec une mise en réserves tant lipidique que glucidique, particulièrement chez les individus de Soumâa.

l'abondance d'une espèce, il est nécessaire de connaître son histoire, les conditions environnementales favorables, les ressources nécessaires, ses paramètres démographiques (taux de natalité, de migration...), et les effets des interactions intra et interspécifiques (Begon *et al*, 1996). Il est de plus en plus manifeste que le réchauffement global actuel influence les écosystèmes et, notamment, induit la modification des aires de répartition de certains groupes animaux.

DISCUSSION

Pour comprendre la distribution et

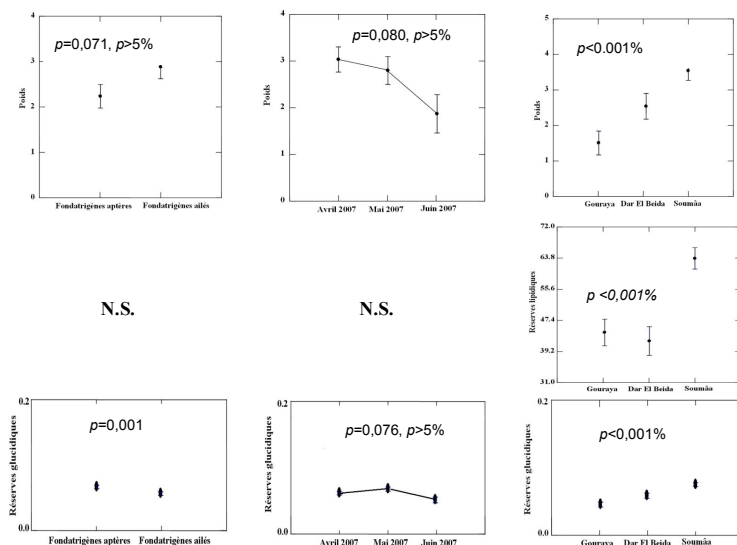


Figure 3 : Variations pondérales et énergétiques chez les fondatrigenes

N.S. : Variabilité Non significative

Weight and energetic changes at fondatrigenes generation
N.S. : not significative variation

Parmi les Homoptères, le genre *Chaitophorus* est un organisme modèle pour étudier l'adaptation aux variations climatiques. En particulier, à travers cette étude nous avons tenté de mettre en évidence l'impact de la sélection naturelle liée au stress thermique et à la réponse métabolique des différentes générations de *Chaitophorus leucomelas* en matière de réserves énergétiques. Des études précédentes en biologie moléculaire (Lacoste, 2001), et en écologie fonctionnelle (Lavoir, 2004), ont permis d'aboutir à un schéma global d'interaction milieu / individu / stress thermique qui sélectionne des modes d'adaptation particulièrement représentatifs des processus microévolutifs selon les niches microclimatiques.

La théorie des traits d'histoire de vie cherche donc à fournir une explication évolutive pour interpréter la diversité et la complexité du cycle de vie d'une espèce, à élucider le mécanisme d'allocation des ressources destinées à la croissance et la maintenance des fonctions somatiques avec les performances reproductrices, ou "effort de reproduction" (Barbault, 1984 ; Roff, 1992).

Au cours de cette expérience préliminaire, il est possible de constater que cette apparente corrélation positive entre les réserves énergétiques des fondatrigenes de *C. leucomelas* et les variations thermiques constatées au niveau des régions d'étude durant la période printanière est systématiquement soutenue par les divers résultats relatives à la qualité nutritive de l'hôte. En général, la réponse physiologique des femelles fondatrigenes augmente avec l'élévation des températures et la disponibilité du feuillage en nutriments.

Les données bibliographiques (Scriber et Slansky, 1981 ; Lorenzetti, 1998) devraient également nous permettre de signaler que plusieurs facteurs exercent une influence sur

la dynamique des populations d'insectes ravageurs, mais une connaissance de l'écologie nutritionnelle de ces insectes est essentielle pour compléter une image adéquate de ces facteurs et de leurs interactions. Dans leur environnement, les insectes phytophages sont susceptibles de rencontrer au cours de leur existence une gamme de ressources dont la qualité nutritive est très variable.

La qualité nutritive du feuillage dépend surtout de son contenu en éléments nutritifs (azote, sucres et eau) et peut être affectée par la présence de substances allélochimiques (phénols, terpènes, etc.). Cette variabilité dans la qualité nutritive du feuillage entre les plantes relève de plusieurs facteurs, tels que la nature des espèces et des conditions abiotiques dans l'environnement, et est susceptible d'influencer la biologie des insectes herbivores.

Les analyses biochimiques réalisées par Lorenzetti (1998) et Fortin (2000) ont démontré que le feuillage du peuplier apparu dans le cas d'un printemps tardif contient environ deux fois plus de sucres solubles par rapport aux phénols totaux (composés de défense), ce qui confirme la performance biologique (temps du développement larvaire et poids des individus) des opophages comparés aux autres ravageurs du peuplier. Sous l'hypothèse que les femelles dépendent entièrement de la disponibilité de ses plantes hôtes pour survivre et se reproduire et que la capacité de sélectionner un endroit propice au bon développement de sa progéniture affecte le succès reproducteur d'un individu (Bell, 1991 ; Maher, 2002), on suppose que le succès reproductif qu'obtiennent les sexupares peut être intimement relié aux performances des fondatrigenes.

Ce phénomène est sans équivoque lié au fait que les feuilles développées durant le printemps représen-

tent une bonne source d'acides aminés, de protéines de glucides et de lipides pour les générations aptères et ailées de fondatrigenes de *C. leucomelas* et par conséquent, elle servira pour maximiser la survie larvaire, et plus tard, augmenter le taux de survie de la progéniture des adultes.

Dans l'esprit d'interpréter l'importance des réserves énergétiques (lipides et sucres) et des mesures pondérales des fondatrigenes aptères (première génération) et ailées (deuxième génération), au niveau de la région de Soumâa, tel que démontré dans les résultats obtenus, il semble que la partition de l'effort de reproduction est destinée à la fois à la reproduction et au conditionnement.

Cet investissement de l'espèce en quantité énorme d'énergie est alloué à l'effet température / qualité nutritionnelle du support alimentaire.

Ceci nous conduit à penser de façon hâtive que la production d'un nombre très élevé de larves néonates par parthénogénèse constitue une adaptation de *C. leucomelas* à maintenir une fréquence des épisodes reproducteurs même si la période sèche se déclare supérieure à 6 mois. Plusieurs études portant sur l'effort de reproduction en matière d'adaptation des organismes à la forme itéropares et la forme semélipares (Cole, 1954 *in* Ranta *et al*, 2002).

Ces études démontrent que le schéma d'investissement dans la reproduction est particulièrement variable selon les espèces. Classiquement, on réalise une distinction entre les organismes dits itéropares où la vie reproductrice est constituée d'une succession d'épisodes reproducteurs, alors que chez seméliparites, la vie reproductrice présente une seule opportunité de reproduction associée à la mort systématique de l'organisme.

L'élucidation des pressions sélectives favorisant l'adaptation à l'itéroparité ou à et seméliparité ou à la transition entre les deux modes, reste néanmoins une question complexe, située au cœur même de l'étude des traits d'histoire de vie (Corkum *et al*, 1997 ; Crespi et Teo, 2002).

Les résultats obtenus dénotent un déficit des taux des réserves lipidiques et glucidiques des deux générations de sexupares de *C. leucomelas* et leurs importances au niveau des individus prélevés des régions de Gouraya et de Dar El Beida comparés à ceux prélevés de la région de Soumâa. Il s'agit également d'installation d'un ordre croissant des niveaux des biomarqueurs énergétiques avec le gradient des températures moyennes et de la durée de la période sèche, dans les sites de Gouraya, Dar El Beida et Soumâa avec des valeurs respectives de 9 mois, 5,5 mois et 4 mois. De plus, les mesures pondérales des sexupares n'étaient plus concernées par la discrimination régionale.

Ce résultat peut s'expliquer par le degré d'association de la disponibilité lipidique et glucidique avec le facteur thermique, qui à notre avis module l'expression physiologique des sexupares via des modifications opérées sur l'intégrité de la plante hôte. Ainsi, notre hypothèse est une continuité de la synthèse très complète de nombreuses observations réalisées par Mattson et Haack (1987), Koricheva *et al*, (1998), qui suggèrent que les sécheresses favorisent les pullulations d'insectes phytophages. Outre un effet indirect souvent bénéfique sur les insectes eux-mêmes (températures plus élevées, précipitations plus faibles), les sécheresses ont aussi une action indirecte sur les phytophages via leur plante hôte. Ainsi, l'augmentation de la température de surface des feuilles du fait de la fermeture des stomates serait sou-

vent de l'ordre de 2 à 4°C, et cet environnement thermique pourrait être idéal pour beaucoup d'insectes.

De plus, la qualité nutritive des feuilles s'améliore généralement en cas de sécheresse, par suite de l'augmentation de la concentration en composés azotés solubles (acides aminés) ou en sucres. Également, une des conséquences majeures des sécheresses est de provoquer l'affaiblissement des arbres et de conduire à une baisse de leurs capacités de résistance.

Souvent, on assiste à une augmentation de la concentration en certains composés secondaires dans les tissus des plantes. Celle-ci neutraliserait fréquemment l'effet bénéfique de l'augmentation de la concentration en azote soluble.

De même, Cates et Alexander (1992), avancent qu'un arbre mal alimenté en eau peut aussi être plus attractif pour les insectes à cause d'une modification de son spectre d'odeurs (émission de volatiles attractifs tels que l'éthanol ou la modification du spectre de terpènes), composés qui permettent aux arbres de repousser les attaques des ravageurs pionniers. Bien que les variations pondérales fassent ressortir l'existence de contraintes sur les traits d'histoire de vie des générations sexupares évoluant en fin d'été, par l'affichage de poids finaux parfois très faibles, ceci suggère une compensation de l'effort reproductif par rapport à celui du conditionnement. Dans notre cas, on peut interpréter la diminution de l'allocation de l'énergie pour les réserves, à poids constant, comme une augmentation de l'effort reproducteur. Par ailleurs, d'après Stearns (1992), de telles variations, se justifient par d'importantes fluctuations ou limitations à la fois dans des facteurs biotiques (stades phénologiques de la plante hôte) et abiotiques (paramètres physiques : température, hygrométrie). Dans cette situation,

les organismes ne vont disposer que d'une quantité limitante d'énergie qui devra être allouée à la reproduction aux dépens des autres fonctions (la croissance et la maintenance). Dans un tel contexte, la maximisation du succès reproducteur à vie passera par une optimisation de l'investissement dans chaque épisode reproducteur.

De façon conjointe, les fortes valeurs des biomarqueurs énergétiques enregistrées chez les sexupares à Gouraya indiquent des conditions globalement favorables. L'allocation des ressources est en conséquence dirigée vers le stockage des réserves à la fois lipidiques et glucidiques.

En outre, il est indispensable lorsqu'on traite le complexe interaction milieu / individu / stress thermique, de citer au passage que l'élévation de la température joue également sur les cortèges de parasites et prédateurs des insectes ravageurs (Mattson et Haack, 1987). Leurs optimums thermiques pouvant être différents, le réchauffement climatique serait parfois favorable aux insectes ravageurs (Fleming et Volney, 1995), et parfois favorable à ses ennemis naturels (Skirvin *et al*, 1997). Un développement de l'insecte ravageur accéléré par rapport à celui de son parasite ou prédateur pourrait en outre lui permettre dans certains cas d'échapper à son agresseur, et donc de bénéficier d'un effet de refuge temporel (Hassell *et al*, 1993).

Dans un tel contexte, il est légitime d'avancer que les modifications du climat (température ou pluviosité), qui sont susceptibles d'avoir des conséquences directes sur la disponibilité des insectes ravageurs, doivent être intégrées dans un processus de prédiction de façon à contenir les réponses physiologiques, comportementales et biologiques dans le cadre des changements globaux.

Il est plutôt clair que des modifications à long terme de la pluviométrie ou des températures plus élevées semblent néanmoins exercer une influence déterminante sur l'importance des épidémies, même s'il est très difficile de prévoir quelles seraient les déprédateurs favorisés ou défavorisés.

Cependant, jusqu'à ce que les performances inter-générationnelles des insectes (fécondité...) soient également considérées et ensuite placées dans le contexte de la dynamique des espèces sur le terrain (performance des ennemis naturels...), des prédictions sérieuses sur le devenir des insectes phytophages dans un environnement à variation thermique accru ne pourront pas être faites d'une manière définitive. En effet, même de faibles effets de la qualité de l'hôte et des actions anthropiques sur des paramètres de performance des individus (la survie, le développement, la croissance et la fécondité) peuvent, à travers des effets multiplicatifs, avoir un impact significatif sur les populations.

CONCLUSION

Le stress thermique module significativement les réponses métaboliques des différentes générations de *Chaitophorus leucomelas* en matière de réserves énergétiques. L'importance des réserves énergétiques et des mesures pondérales des fondatrices aptères et ailées, au niveau de la région de Soumâa, désigne une bonne partition de l'effort de reproduction qui est destinée à la fois à la reproduction et au conditionnement. Chez les générations de sexupares de Gouraya et de Dar El Beida, on dénote un déficit des taux des réserves lipidiques et glucidiques comparé à ceux de Soumâa. De plus, les mesures pondérales des sexupares n'étaient plus concernées par la discrimination régionale. Ce changement dans les réponses métaboliques suit l'augmentation des températures moyennes selon un gradient dépendant de la période sèche dans les

sites de Gouraya, Dar El Beida et Soumâa avec des durées respectives de 9 mois, 5,5 mois et 4 mois. En conséquence, ces populations restent bien confinées aux hautes températures.

BIBLIOGRAPHIE

Barbagallo S., 1985 - Annatazioni faunistiche et ecologiche sugli aphidi della serdegna. *Frustula entomologica*, 11, 8, 421-472.

Barbault R., 1984. *Ecologie des populations et des peuplements*. Ed. Masson, Paris, 200p.

Begon M., Harper J.-L., et Townsend C.-R., 1996. *Ecology: Individuals, Populations and Communities*, Oxford University Press, Ontario, 360p.

Bell G., 1991- The costs of reproduction and their consequences. *American Naturalist*, 116, 45-76.

Bourdu M., 1986. *Forêt et sylviculture : Sylviculture appliquée*, Presses agronomiques de Gembloux, 244p.

Buet A., Roche H., Habert H., Caquet T. et Ramade F. 1998 - Evaluation du niveau de contamination par les micropolluants organiques des poissons de la Réserve de Biosphère de Camargue. Proposition d'un plan expérimental pour la validation de biomarqueurs utilisables *in situ*. *Ichthyophysiological Acta*, 21, 61-76.

Cates R.-G., et Alexander H., 1992- *Host resistance and susceptibility*. In: *Bark Beetles of North American Conifers* / Mitton J.-B. et Surgeon K.-B., Eds. University of Texas Press, 212-263.

Chrousos G.-P., et Gold P.-W., 1992 - The concepts of stress and stress system disorders. Overview of physiological and behavioural homeostasis. *Journal of Medical*

Association, 267, 1244-1252.

Corkum L.-D., Ciborowski J.-J.-H. et Poulin R.-G., 1997- Effects of emergence date and maternal size on egg development and sizes of eggs and first-instar nymphs of a semelparous aquatic insect. *Oecologia*, 111, 69-75.

Crespi J.-B. et Teo R., 2002- Comparative Phylogenetic Analysis of the evolution of semelparity and life history in Salmonid fishes. *Ecology*, 56, 1008-1020.

Fortin M., Lorenzetti F., Panzuto M., et Mauffette Y., 1999 - La livrée des forêts et son environnement. *Antennae*, 6, 36-39.

Fortin M., 2000- Les effets de l'hétérogénéité de la nourriture et de la température sur la performance biologique de la livrée des forêts (*Malacosoma disstria* Hbn.) s'alimentant dans une érablière. Thèse de doctorat, UQAM, 142p.

Frontier S., 1983. *Stratégies d'échantillonnage en écologie*, Masson et les presses de l'Université Laval, Paris, 494p.

Gausson H., 1954 - Saison sèche et indice xérothermique. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse*, 88, 193-239.

Hassell M.-P., Godfray H.-C.-J., et Comins H.-N., 1993. *Effects of global change on the dynamics of insect host-parasitoid interactions*. In: *Biotic interactions and global change*. Kareiva P.-M., Kingsolver J.-G., Huey R.-B. eds. Sinauer Associates, Sunderland, MA., 402-423.

Kechroud H., 1996- Etude phénologique des mauvaises herbes sur culture de fève (*Vicia faba*) dans la région de El-Harrache, Th. Ing. d'Etat Agro; El-Harrache, 63p.

- Koricheva J., Larsson S., et Haukioja E., 1998 - Insect performance on experimental lystressed woody plants: a meta-analysis. *Annual Review of Entomology*, 43, 195-216.
- Lacoste F., 2001- Dynamique de recolonisation du frêne oxyphylle (*Fraxinus angustifolia* Valh.) et d'hybridation avec le frêne commun (*Fraxinus excelsior* L.) face aux changements globaux. Rapport de recherche, UMR CNRS-ENGREF-UPS 8079, Université Paris XI, 125 p.
- Lavoir A.-V., 2004- Résistance aux stress thermique et lumineux et émissions de COV chez deux espèces de chênes méditerranéens (*Quercus ilex* et *Quercus suber*). Mémoire de DEA Biosciences de l'Environnement, Chimie et Santé, Université d'Aix-Marseille III, 46 p.
- Lorenzetti F., 1998- Performances relatives de la livrée des forêts, *Malacosoma disstria* Hbn. sur l'érable à sucre, *Acer saccharum* Marsh. Sain et dépéri et sur le peuplier faux-tremble, *Populus tremuloides* Michx., en relation avec la chimie foliaire. Mémoire de maîtrise, UQAM, 110p.
- Loucif Z., et Bonafonte P., 1977- Observation des populations du pou de San José dans la Mitidja. *Revue Fruits*, 32, 4, 253-261.
- Maher N., 2002- Sélection du site de ponte *Lobesia botrana* (lep. Tortricidae) influence de l'information chimique non-volatile présente sur les fruits de plants hôtes, Thèse Doc., Uni. Bordeaux 2 ; Sci. Bio. Méd., opt. œnologie et ampélogie, 204 p.
- Mattson W.-J., et Haack R.-A., 1987- The role of drought in outbreaks of plant-eating insects. *BioScience*, 37, 2, 110-118.
- Molven A., et Goksoyr A., 1993- Biochemical Effects and Biomonitoring of Organochlorines and Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in the Marine Environment. *Biochemical Monitoring*, 18, 137-161.
- Myers N., et Cowling R.-M., 1999- *Mediterranean Basin*. In: Mittermeier R.-A., Meyers N., Gil P.-R., Mittermeier C.G. (eds), *Hotspots: Earth's Biologically Richest and Most Endangered Terrestrial Ecoregions*. CEMEX, Mexico, 254-267.
- Ranta E., Kaitala V., Alaja S., et Tesar D., 2000- Nonlinear dynamics and the evolution of semelparous and iteroparous reproductive strategies. *The American Naturalist*, 155, 294-300.
- In: Roff D.-A.. *The evolution of life histories: theory and analysis*. Ed. Chapman & Hall, London, 115 p.
- Scriber J.-M., et Slansky Jr., 1981- The nutritional ecology of immature insects. *Annual Review of Entomology*, 26, 183-211.
- Stearns S.-C., 1992. *The evolution of life histories*. Oxford University Press, New-York, 215-245.
- Skirvin D.-J., Perry J.-N., et Harrington R., 1997- The effect of climate change on an Aphid-coccinellid interaction. *Global Change Biology*, 3, 1-11.
- Van Brummeln T.-C., et Suijzand S.-C., 1993 - Effects of benzofalpyrene on survival, growth and energy reserves in the terrestrial isopods *Oniscus asellus* and *Porcellio scaber* . *The Science of the Total Environment, Suppl.* 51, 921-929.
- Win Decoen T., 2000 - Influence of metals on reproduction, mortality and population growth in *Onychiurus armatus* (Collembola). *Journal of Applied Ecology*, 22, 967-978.