

Influence de la température sur la morphologie de deux espèces de nématodes phytoparasites : *Hoplolaimus pararobustus* et *Helicotylenchus dihystera* (Nemata : Hoplolaimidae).

Assane NDIAYE, Daniel OBAME MINKO, Jacques François MAVOUNGOU

Laboratoire de Zoologie, Unité de recherche Agrobiologie, Université des Sciences et Techniques de Masuku (USTM) ; BP 067 Franceville, Gabon. Tel/Fax : (00241) 67 77 36 /07684362

Correspondant Dr Assane NDIAYE : Email : assandiay@yahoo.fr

Mots clés : *Hoplolaimus pararobustus*; *Helicotylenchus dihystera*; température; biométrie; variabilité.

Key words: *Hoplolaimus pararobustus*; *Helicotylenchus dihystera*; temperature; biometry; variability.

1 RESUME

Dans la première partie de ce travail, l'influence de la température sur les caractéristiques biométriques utilisées pour différencier les espèces du genre *Hoplolaimus* a été analysée expérimentalement chez l'une d'elles : *H. pararobustus*. Une population de ce nématode a été élevée à 4 températures du sol différentes : 30, 32, 34 et 36°C, sur une plante hôte, le mil (*Pennisetum thyphoides* Rich) et à une humidité du sol de 10%, pendant une durée de 75 jours. Il en ressort que la plupart des caractéristiques biométriques, couramment utilisées pour définir les espèces du genre, sont affectées par la température et présentent une importante variabilité. Les limites de cette variabilité intraspécifique, pour la gamme de températures étudiées, sont établies dans ce travail.

Dans la seconde partie, la comparaison de l'influence de la température sur la morphométrie des deux espèces de nématodes, *H. pararobustus* et *H. dihystera*, appartenant à la même sous famille, a révélé que certaines caractéristiques biométriques, bien qu'équivalentes chez les deux espèces, ne se modifient pas de la même manière sous l'effet de la température.

ABSTRACT

In the first part of this work, the influence of temperature on the biometric features used to differentiate species of *Hoplolaimus* was analyzed experimentally in one of them: *H. pararobustus*. A population of this nematode was raised to four different soil temperatures: 30, 32, 34 and 36 ° C on a host plant, millet (*Pennisetum thyphoides* Rich) and a soil moisture of 10%, for a period of 75 days. It appeared that most biometric characteristics commonly used to define the genus, were affected by temperature and had a high variability. The limitations of this intraspecific variability for the temperature range studied in this work are established.

In the second part, the comparison of the influence of temperature on the two morphometric nematode species, *H. pararobustus* and *H. dihystera* belonging to the same subfamily, revealed that some biometric characteristics, although equivalent in the two species do not change in the same way under the effect of temperature.

2. INTRODUCTION

L'identification des nématodes phytoparasites est actuellement basée sur des clefs dichotomiques et leur classification repose sur

des critères morphologiques et biométriques. Cependant, il a été signalé l'existence d'une importante variabilité des caractères

morphologiques, entre des populations du nématode *H. pararobustus* (Coomans, 1963 ; Sher, 1963 ; Van de Berg et Heyns, 1970). Cette variabilité enregistrée entre des populations naturelles du nématode géographiquement isolées, a été établie ultérieurement par Baujard *et al.* (1989) à l'intérieur d'une seule et même population, toutefois pour les caractéristiques morphologiques externes uniquement. Concernant les caractéristiques biométriques c'est-à-dire quantitatives, leur variabilité reste encore inconnue. Leurs modifications, en plus de celles des caractères morphologiques déjà

prouvées, rendraient les clefs d'identification actuelles inopérantes (Fortuner, 1987), et pourraient être à l'origine de confusions taxonomiques notamment lors de la détermination des espèces du genre.

Le présent travail a pour but d'analyser la variabilité des caractères biométriques différentiels des espèces dans le genre *Hoplolaimus* sous l'influence de la température puis de comparer l'effet de cet important facteur environnemental sur *H. pararobustus* et une autre espèce appartenant à la même sous famille : *Helicotylenchus dihystera*.

3. MATÉRIELS ET MÉTHODES

3.1 Matériel : Deux espèces de nématodes *H. pararobustus* (Schuurmans Stekhoven et Teunissen, 1938) Sher, 1963 et *H. dihystera* (Cobb, 1893) Sher, 1961 ont été étudiées. Ils ont été prélevés dans le centre du Sénégal, à Ndindy, puis maintenus en élevage au laboratoire sur un hôte végétal : le mil (*Pennisetum thyphoides* Rich).

3.2 Méthodes

3.2.1 Expérimentation et préparation des nématodes : Les expériences sur *H. dihystera* ont été décrites dans un travail antérieur (Ndiaye et Obame Minko, 2010). Celles relatives à *H. pararobustus* se sont déroulées de la manière décrite ci-après : Des pots en plastique, remplis de 340 g de sol sableux stérilisé, ont été semés de 10 grains de mil chacun, puis inoculés avec 25 nématodes. Ces pots, auxquels ont été adjoints des pots témoins, non inoculés, ont été ensuite disposés dans 4 enceintes thermostatées, chacune à l'une des 4 températures étudiées, 30°C, 32°C, 34°C et 36°C, avec 8 répétitions par température. Notons que ces températures sont représentatives des conditions soudano-sahéliennes. L'expérience s'est déroulée pendant 75 jours, dans une salle climatisée (température constante) où un éclairage électrique est dispensé à raison de 16

heures par jour. L'humidité du sol des pots d'élevage est maintenue constante à 10% par arrosage biquotidien. A l'issue de l'expérience, les nématodes ont été extraits (Seinhorst 1950, 1962) puis regroupés par niveau de température. Un échantillon de nématodes de chaque température d'élevage a été fixé, à chaud, au FPG (Formol+Acide propionique+Glycérine). Les nématodes ont été ensuite déshydratés à l'alcool, infiltrés à la glycérine et montés sur lame de Cobb. Pour chacune des 4 températures, 30 femelles d'*H. pararobustus* ont été mesurées au microscope photonique à immersion, à l'objectif 90, au moyen d'une échelle oculaire micrométrique. Les caractéristiques mesurées sont données dans le tableau 1. Ce sont les critères utilisés dans les diagnostics spécifiques des espèces du genre *Hoplolaimus*, auxquels ont été adjoints de nouveaux caractères dans le but de tester leur variabilité et de rechercher de nouveaux caractères plus fiables. La longueur du corps a été mesurée au curvimètre sur des représentations du nématode effectuées à la chambre claire à l'objectif 10.



Tableau 1 : Liste des caractéristiques biométriques mesurées chez *Hoplolaimus pararobustus*, caractéristiques communes entre *Hoplolaimus pararobustus* et *Helicotylenchus dihystrera* et étendue de leur variabilité en fonction de la température du sol.

Code	Caractéristiques mesurées	Caractéristiques communes aux deux espèces	Minimum (um)	Maximum (um)
NAT	nombre d'anneaux de la tête	-	3	5
LS	longueur du stylet	+	36,24	41,52
LPC	longueur de la partie conique du stylet	+	18,12	22,65
OGD	distance entre le débouche de la glande œsophagienne et la base du stylet	+	2,26	6,04
PEA	distance entre le pore excréteur et l'extrémité antérieure	+	85,31	130,61
PBM	distance entre le pore excréteur et le bulbe médian	-	0	33,97
PHZ	distance entre le pore excréteur et l'hémizonide	+	1	15
VOI	distance entre la valve œsophage-intestinale et l'extrémité antérieure	+	108,72	147,22
GEA	distance entre base des glandes œsophagiennes et extrémité antérieure	+	140,43	188,75
DCV	diamètre du corps à 10 µm de la vulve	+	27,93	48,32
LAM	largeur des anneaux à mi-corps	-	1,51	3,02
LQ	longueur de la queue	+	11,32	32,46
IQA	largeur de la queue au niveau de l'anus	+	15,1	36,99
PAE	distance entre la phasmide antérieure et l'extrémité antérieure	+	135,97	589,32
PPE	distance entre la phasmide postérieure et l'extrémité antérieure	+	479 ,45	1290,5
DPA	diamètre de la phasmide antérieure	-	2,28	6,79
DPP	diamètre de la phasmide postérieure	-	3,77	6,04
BGA	longueur de la branche génitale antérieure	+	109,47	392,6
BGP	longueur de la branche génitale postérieure	+	130,61	388 ,82
NAQ	nombre d'anneaux de la queue	-	7	17
LT	longueur de la tête	+	6,04	7,55
IT	largeur de la tête	+	12,83	15,1
LDA	largeur du dernier anneau de la tête	-	1,51	3,39
HBB	hauteur des boutons basaux	+	3,77	6,04
SBB	largeur des boutons basaux	+	3,02	5,28
LBM	longueur du bulbe médian	-	15,85	22,65
IBM	largeur du bulbe médian	-	12,08	21,14
BMS	distance entre le bulbe médian et la base du stylet	-	25,67	46,05
BEA	distance entre le bulbe médian et l'extrémité antérieure	-	75,5	99,66
PPG	distance pore excréteur -portion antérieure des glandes œsophagiennes	-	0	45,3
PG	distance entre le pore excréteur et le milieu des glandes œsophagiennes	-	0	56,62



LGD	longueur de la glande dorsale	+	28,69	64,93
IGD	largeur de la glande dorsale	-	10,57	19,63
NAH	longueur de l'hémizonide en nombre d'anneaux	-	1	2,5
HEA	distance entre l'hémizonide et l'extrémité antérieure	-	113,25	147,98
AEA	distance entre l'anneau nerveux et l'extrémité antérieure	-	90,6	192
LV	profondeur de la vulve	+	9,06	18,87
LC	longueur totale du corps	+	1064,7	1521

(+ = caractéristique commune aux deux espèces de nématode, - = caractéristique non commune, utilisée chez une seule espèce)

Tableau 2. : Moyennes et erreurs standards des variables discriminantes corrélées aux axes F1 et F2 lors de l'ACP sur les mesures d'*H. pararobustus* élevé à quatre températures différentes. Les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

Variables	Températures d'élevage			
	30°C	32°C	34°C	36°C
F1				
BEA	87.29±0.96 a	86.03±0.79 b	84.99±1.04 c	86.48±0.92 b
GEA	163.16±2.27 a	157.33±1.85 b	156.94±1.91 b	162.73±1.86 a
BMS	34.99±0.88 c	35.69±0.64 b	34.89±0.89 c	36.34±0.71 a
LPC	21.06±0.28 a	20.63±0.12 b	20.01± 0.16 c	20.54±0.15 b
VOI	126.71±1.49 a	123.31±1.23 bc	122.71±1.74 c	124.16±1.80 b
LS	39.5±0.33 a	38.87±0.15 b	38.63±0.21 c	38.79±0.20 b
LC	1258.37±18.01 c	1299.48±14.15 a	1181.48±10.90 d	1273.33±15.88 b
NAT	04.00± 0.13 c	04.14±010 b	04.04 ±0.11 c	04.42±0.10 a
LT	07.03±0.10 c	07.18±0.09 a	06.85±0.09 d	07.10±0.07 b
IQA	27.53±0.71 c	30.09±0.55 a	29.78±0.49 b	23.15± 0.91 d
LQ	21.26±0.91 c	22.46±0.98 a	21.89±0.71 a	21.13±0.71 c
F2				
PBM	12.28±2.17 a	07.22±1.65 b	06.16±1.17 c	07.39±1.36 b
PEA	107.69±2.47 a	101.89±2.10 b	99.97±1.51 c	101.89±1.71 b
HEA	130.27±1.84 b	128.78±1.55 c	124.10±1.32 d	130.89±164 a
PPG	16.79±2.45 c	20.13±2.08 b	19.03±2.12 b	22.65±1.70 a
PG	31.19±3.13 c	33.08±1.84 b	33.66±2.10 b	37.26±1.68 a
PHZ	08.26±0.58 d	10.14±0.49 b	09.20±0.52 c	10.17±0.59 a

Tableau 3. : Comparaison des pourcentages des individus de classe 3 et de classe 1 de quelques variables discriminantes chez les deux espèces de nématodes : *H. pararobustus* et *H. dibytera*. Les chiffres suivis des mêmes lettres ne sont pas significativement différents au seuil de 5%.

Variables	Espèces de nématodes	
	classe 3	
	<i>H. pararobustus</i>	<i>H. dibytera</i>
VOI	00.00 b	36.00 a
BGA	30.68 a	57.00 a
BGP	25.00 a	45.00 a
LQ	30.68 a	38.00 a
OGD	00.00 b	26.00 a
LC	29.54 a	51.00 a
LS	00.00 b	30.00 a
classe 1		
DCV	32.95 a	48.00 a
IQA	25.00 a	43.00 a
PHZ	46.59 a	60.00 a
LPC	26.13 a	36.00 a
PAE	37.50 a	46.00 a
PPE	25.00 a	43.00 a

3.2.2 Analyses statistiques : Les analyses statistiques ont été menées à deux niveaux : influence de la température sur *H. pararobustus* d'une part et d'autre part comparaison de l'influence de la température sur *H. pararobustus* avec une autre

espèce, *H. dibytera* appartenant à la même sous-famille et soumises aux mêmes conditions expérimentales.

3.2.2.1 Influence de la température du sol sur la morphologie de *H. pararobustus* :

Pour l'analyse de l'influence de la température sur *H. pararobustus*, les mesures obtenues ont été consignées sur une matrice comportant 38 colonnes-variables correspondant aux caractéristiques biométriques mesurées et 88 lignes-individus correspondant aux nématodes mesurés. Ce nombre est passé de 120 à 88 du fait que lors des analyses statistiques, certaines données considérées comme aberrantes ont été supprimées. Compte tenu du grand nombre de variables à analyser simultanément (38 variables), ce tableau de mesures a été analysé au moyen de l'analyse en composantes principales (ACP) avec le logiciel ADE4 (Thioulouse *et al.*, 1997). L'ACP est une méthode statistique descriptive, multidimensionnelle, permettant de visualiser dans un espace de dimensions réduites (ici 2 au lieu de 38) des individus auxquels ont été attribués des variables quantitatives. Dans cette étude, les individus sont les nématodes regroupés par niveau de température et les variables sont les caractéristiques biométriques mesurées sur ces mêmes nématodes. L'intérêt de ce modèle statistique est de permettre de visualiser sur un plan, l'éventuelle variabilité existant entre les nématodes élevés à des températures différentes. De plus, elle permet de mettre en évidence les caractéristiques biométriques dites discriminantes c'est-à-dire celles qui sont responsables et expliquent la position des différents groupes (ou étoiles) dans le plan factoriel. Lors de l'étude de l'influence de la température sur *H. pararobustus*, les moyennes des variables discriminantes aux quatre températures d'élevage ont été comparées par analyse de variance (ANOVA). En cas de différence significative, ces moyennes ont été comparées par le Test de Newman-Kuels au seuil de 5% grâce au logiciel INSTAT3 (tableau 2).

3.2.2.2 Comparaison de l'influence de

4. RESULTATS

4.1 Influence de la température du sol sur la morphobiométrie de *H. pararobustus* : Sur le cercle de corrélation F1XF2 qui décrit 21,7% de la variabilité totale (figure 1), les caractères biométriques BEA, GEA, BMS, LPC, VOI, LS, LC, NAT et LT ont des coordonnées positives sur l'axe

la température du sol sur la morphologie de *H. pararobustus* et *H. dihystra* : Pour la comparaison de l'influence de la température sur *H. pararobustus* et *H. dihystra*, les mesures, concernent les caractéristiques communément utilisées dans les deux genres (tableau 1). Ces mesures ont été consignées dans une matrice à 21 colonnes-variables biométriques et 188 lignes-individus mesurés (88 individus appartenant à *H. pararobustus* et 100 à *H. dihystra*). Ces individus ont été regroupés par espèce et par niveau de température. Les deux espèces étant morphologiquement différentes, les valeurs brutes du tableau de mesures ont été transformées en classes, 1 à 3 classes ont été obtenues suivant la variabilité des mesures. Par exemple, pour la longueur du corps, les spécimens de classe 1 correspondent aux individus de petite taille, ceux de la classe 2 aux individus moyens et la classe 3 aux individus les plus longs. Comme les données quantitatives ont été transformées en valeurs qualitatives, L'AFC (Analyse Factorielle des Correspondances) qui est une variante de l'ACP permettant l'analyse de telles données, a été utilisée. Ensuite, pour chaque caractéristique discriminante mise en évidence par l'AFC, les pourcentages des individus de la classe 1 et 3 ont été calculés, pour chaque espèce (tableau 3). Ainsi, pour une caractéristique biométrique donnée, la longueur du corps par exemple, un pourcentage d'individus de classe 3 plus élevé chez une espèce signifie son augmentation chez cette espèce. Au contraire, un pourcentage de classes 1 plus élevé signifie, sa diminution (tableau 3). Les pourcentages des individus de classe 3 et 1 ont été comparés chez les deux espèces par un test de comparaison de proportions au seuil de 5% grâce au logiciel Statistica.

F1 alors lQA et LQ ont des coordonnées négatives sur le même axe. Sur l'axe F2, les caractères PBM, PEA et HEA occupent la portion positive, alors que PPG, PG et PHZ sont localisées sur la portion négative du même axe

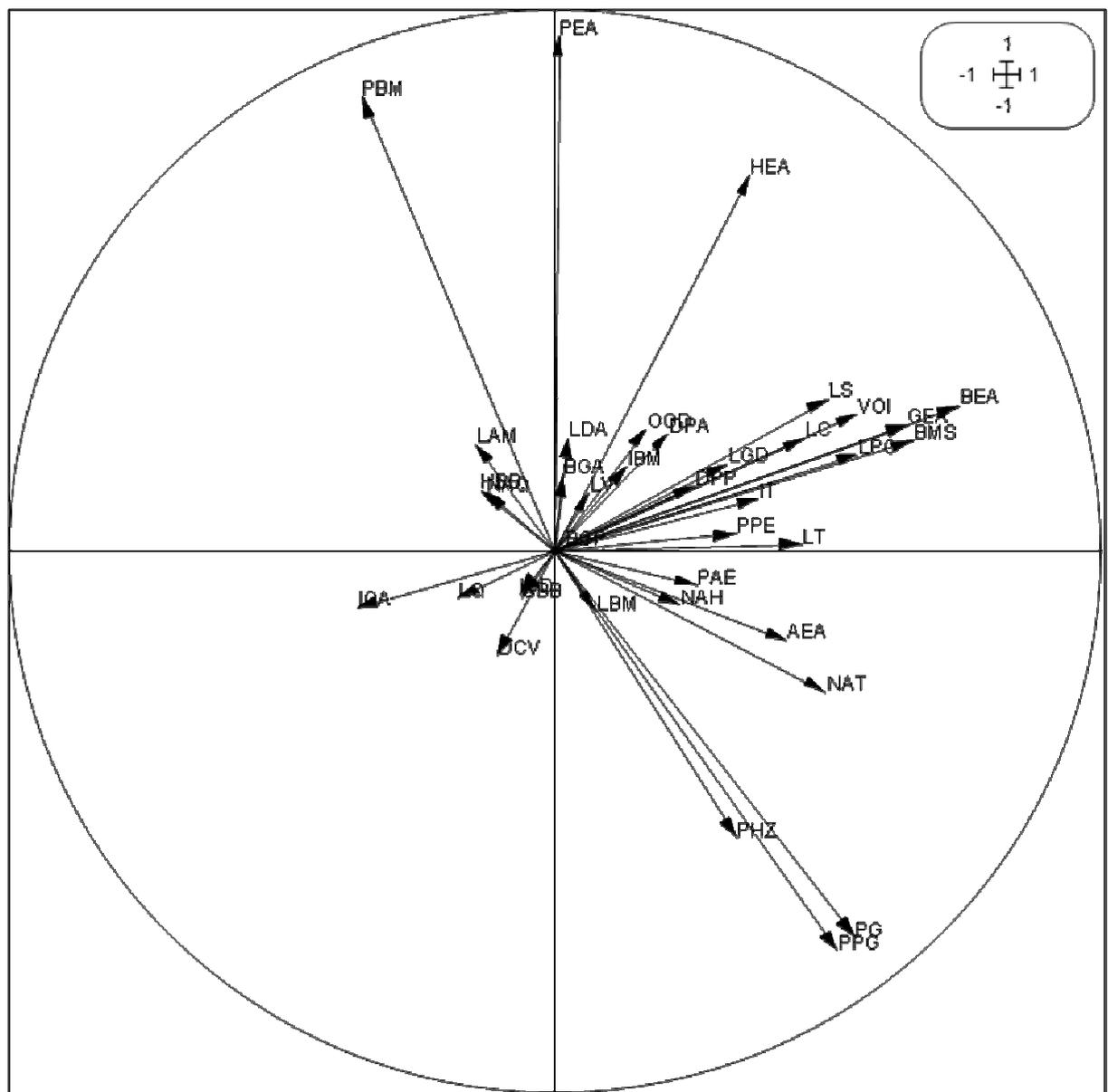


Figure 1 : ACP sur les mesures de *H. pararobustus* élevé à 4 températures différentes. Cercle de corrélation des variables correspondant aux caractéristiques biométriques mesurées sur le nématode.

Les lettres (PPG, PG, PHZ etc...) correspondent aux variables mesurées chez le nématode (cf tableau 1).

La projection des individus sur le plan factoriel F1XF2 (figure 2) montre une nette séparation des centres de gravité des étoiles, indiquant l'existence d'une forte variabilité entre les nématodes d'une même population, soumis à des températures différentes. Les 4 températures sont alignées le long de l'axe F1, la température de 34°C est localisée sur

la portion négative de cet axe, alors que celles de 30, 32 et 36°C sont situées sur sa portion positive. Sur l'axe F2, les températures de 34, 32 et 36°C se positionnent dans les valeurs négatives et s'opposent à la température de 30°C, localisée dans la zone positive.

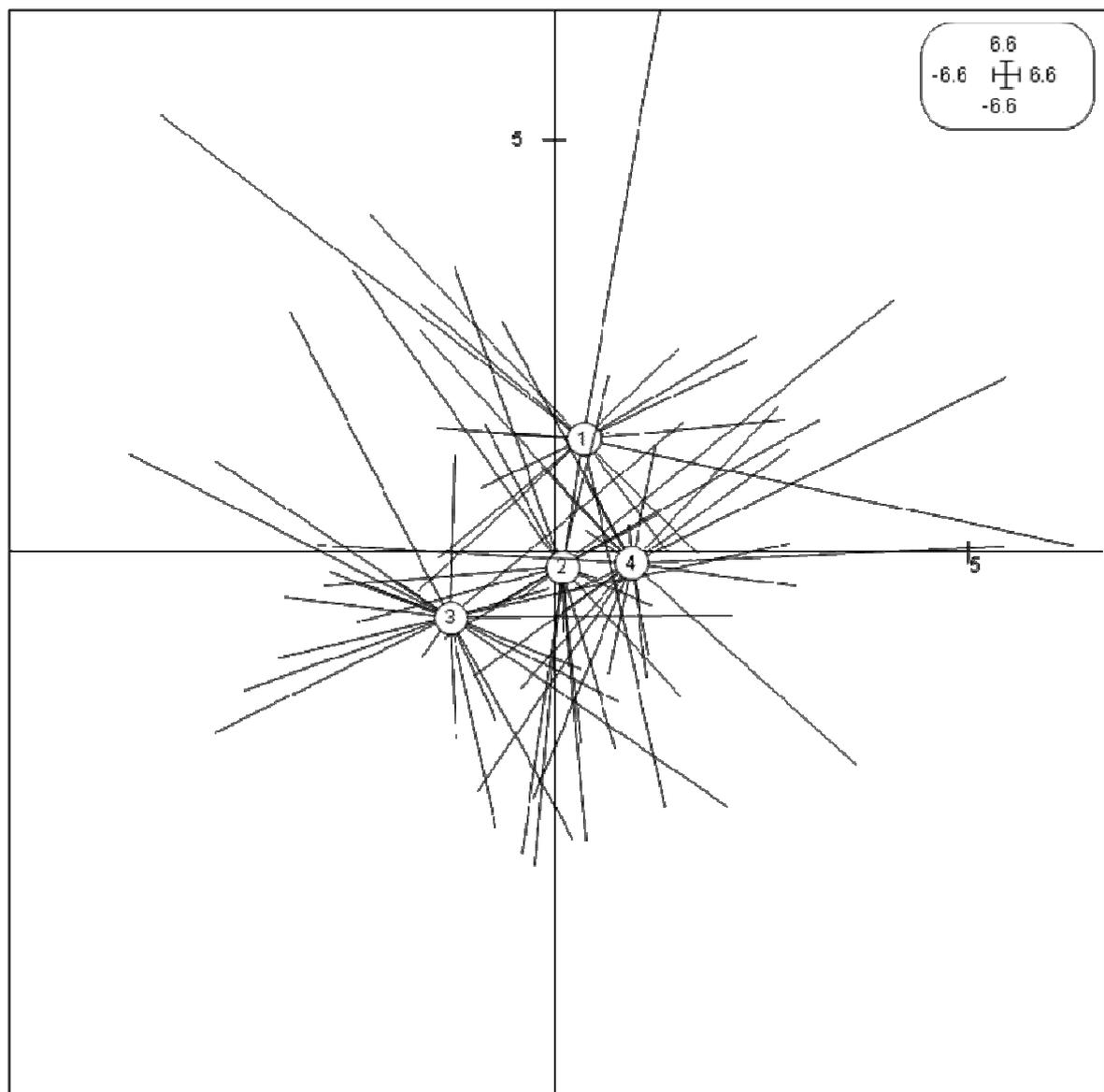


Figure 2 : Plan factoriel F1XF2 correspondant à l'ACP sur les mesures effectuées sur *H. pararobustus* élevé à 4 différentes températures. Représentation de l'ensemble des 88 répétitions regroupées par température, soient 4 groupes et distribution des 4 températures sur le plan factoriel. Chaque branche d'une étoile joint une répétition au centre de gravité de son groupe correspondant. 1 = 30°C; 2 = 32°C; 3 = 34°C; 4 = 36°C.

La disposition de la température 34°C vis-à-vis des autres températures 30, 32 et 36°C s'explique par la diminution, en général, significative des caractéristiques biométriques BEA, GEA, BMS, LPC, VOI, LS, LC, NAT et LT des nématodes élevés à 34°C (tableau 2). Les taux de réduction des ces caractéristiques biométriques BEA, GEA, BMS, LPC, VOI, LS, LC, NAT et LT des nématodes élevés à 34°C, par rapport à la moyenne des trois autres températures d'élevage (30, 32 et 36°C) sont respectivement de 1,85 ; 2,56 ; 2,22 ; 3,53 ; 1,61 ; 1,08 ; 7,49 ; 3,5 et 3,56%. En d'autres termes, les nématodes élevés à la température de 34°C sont plus petits qu'aux autres températures (par la réduction du corps et de certains organes). La

localisation de la température 34°C vis-vis des températures de 30 et 36°C s'explique aussi par l'augmentation significative des caractères IQA et LQ à 34°C, (tableau 2), traduisant une queue plus longue et plus large. Les taux d'accroissement de ces deux caractères IQA et LQ à 34°C s'élèvent à 10,61% et 1,12%, comparativement à 30°C et 36°C. La localisation de 30°C sur le plan factoriel est à relier aux valeurs des trois caractères PBM, PEA et HEA. Ces caractères biométriques ont des valeurs significativement plus élevées à 30°C qu'aux autres températures (sauf pour le caractère HEA dont l'augmentation est tendancielle comparativement à 36°C (tableau 2). Tout ceci se traduit par des nématodes plus longs à 30°C qu'aux autres

températures. Les taux d'accroissement des variables PBM, PEA et HEA à 30°C étant respectivement de 77,37%; 6,36% et 1,83%, comparativement à la moyenne des 3 autres températures. La localisation de la température de 30°C, opposée aux 3 autres températures, est également à relier au fait que les mesures des caractères PPG, PG et PHZ sont significativement plus faibles à 30°C comparativement à chacune des trois autres températures (tableau 2). Les taux de réduction de ces caractères étant en moyenne de 18,50 ; 10,2 et 16,02%.

4.2 Comparaison de l'influence de la température du sol sur la morphologie de *H. pararobustus* et *H. dihystra* : Sur le cercle de corrélation F1XF2 qui décrit 26,2% de la variabilité totale (figure 3), les caractères OGD, LQ et LS sont localisés sur la portion positive de l'axe F1 alors que PAE, PPE et LPC sont corrélés à sa portion négative. Les caractères VOI, BGA, BGP et LC sont localisés sur le demi-axe positif de F2 alors que IQA, DCV, PHZ et LV sont situés sur la portion négative du même axe.

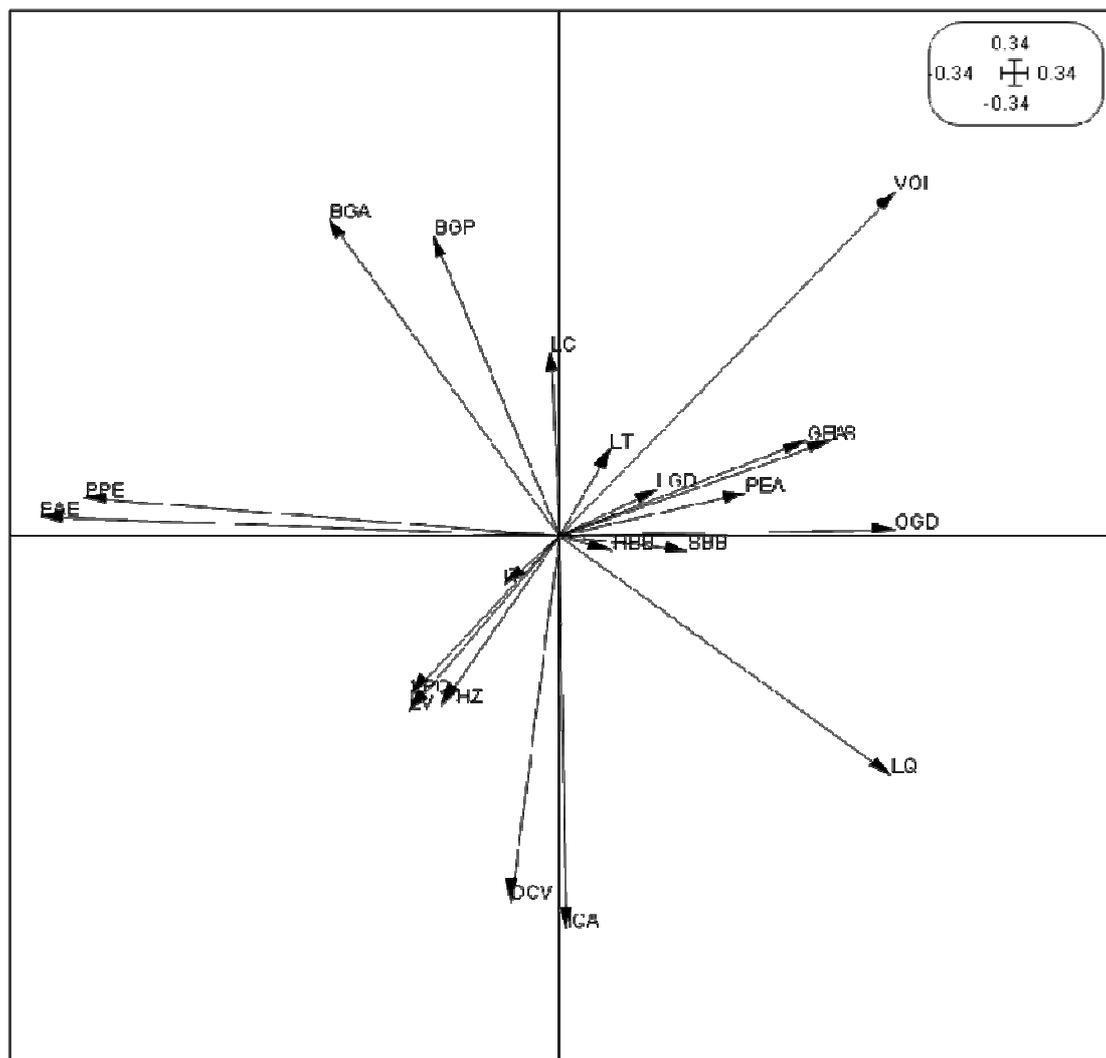


Figure 3 : AFC sur les variables communes aux deux espèces *H. pararobustus* et *H. dihystra* : cercle de corrélation des variables correspondant aux caractéristiques biométriques mesurées sur les deux nématodes.

Le plan factoriel F1XF2 comparant les individus des deux espèces (figure 4) met en évidence deux étoiles aux centres de gravité bien séparés. Les individus appartenant à l'espèce *H. dihystra* sont regroupés aussi bien sur F1 et F2, dans la zone à coordonnées positives et ceux de l'espèce *H.*

pararobustus, inversement, dans la zone à coordonnées négatives. La localisation de *H. dihystra* résulte de l'augmentation des caractères VOI, BGA, BGP, LC, LS, OGD et LQ associée à la régression des caractères PAE, PPE, PHZ, LV, LPC, IQA et DCV.

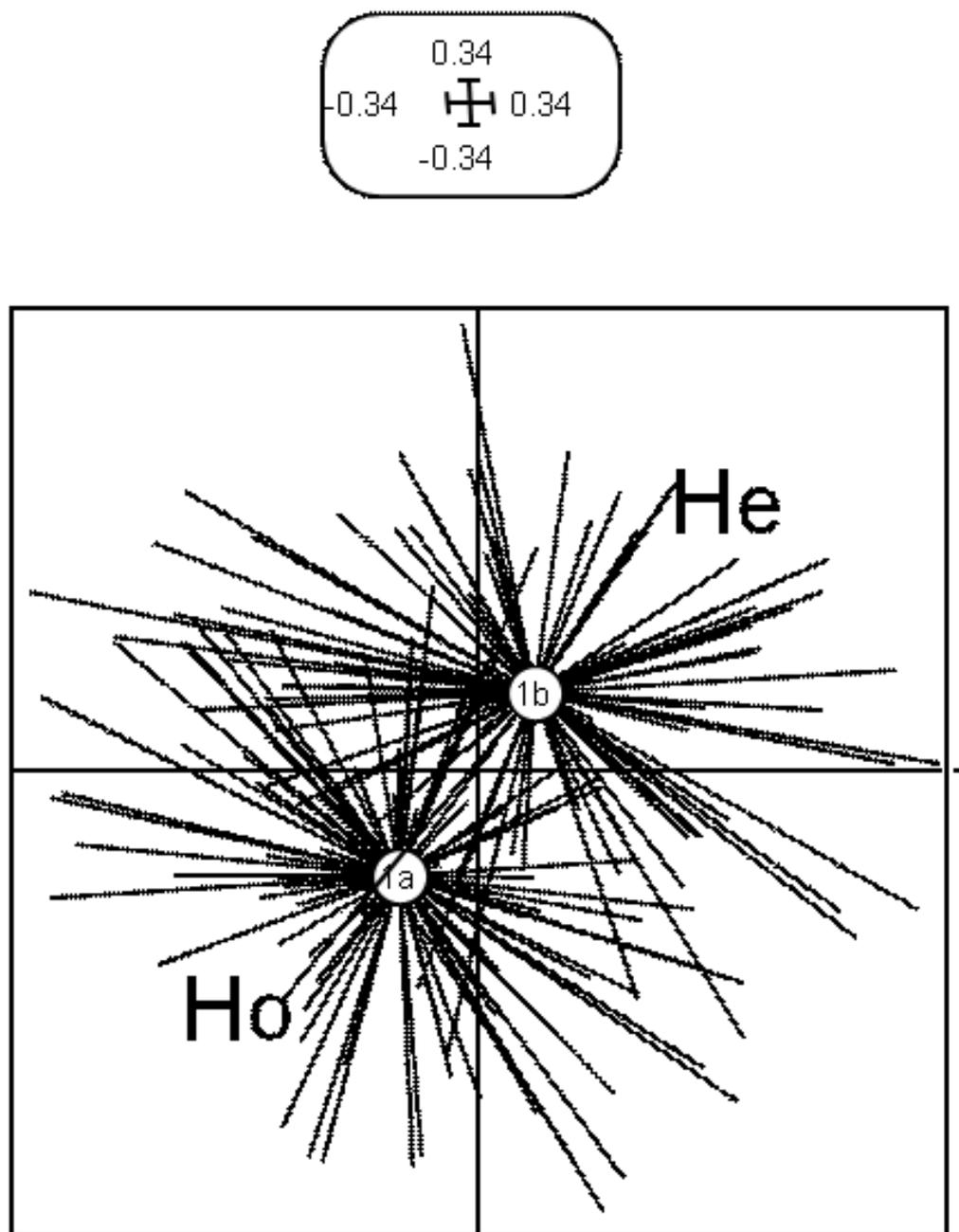


Figure 4 : Plan factoriel F1XF2 de l'AFC sur les variables communes aux deux espèces *H. pararobustus* et *H. dibytera*. Représentation des 188 répétitions regroupées par espèce, soient 2 groupes et distribution des 2 espèces sur le plan factoriel. Chaque branche d'une étoile joint une répétition au centre de gravité de son groupe correspondant.

He = *H. dibytera*, Ho = *H. pararobustus*

Cette augmentation des caractères VOI, BGA, BGP, LC, LS, OGD et LQ chez *H. dibytera* est confirmée par leurs pourcentages en individus de classe 3 (c'est-à-dire d'individus dont la valeur du caractère biométrique est élevée) supérieurs aux pourcentages des individus de classe 3 de *H. pararobustus*. En effet, les pourcentages de classe 3 sont significativement supérieurs pour VOI, LS et OGD (tableau 3) et supérieurs, en tendance, pour les autres caractères. La régression des variables

PAE, PPE, PHZ, LV, LPC, IQA et DCV chez *H. dibytera* est prouvée par leurs pourcentages en individus de classe 1 (les caractères biométriques ont des valeurs basses) en tendance plus élevés que chez *H. pararobustus* (tableau 3). *H. pararobustus* est localisée dans la zone à coordonnées négatives pour des raisons inverses, c'est-à-dire augmentation des caractères PAE, PPE, PHZ, LV, LPC, IQA et DCV et diminution de VOI, BGA, BGP, LC, LS, OGD et LQ.

5. DISCUSSION

Dans un premier temps, l'évaluation de l'impact des variations de la température du sol sur la morphologie de *H. pararobustus*, réalisée dans le présent travail a montré une nette influence de ce facteur écologique sur les caractéristiques biométriques du nématode. L'analyse multivariée, au moyen de l'ACP, a permis de visualiser sur plan la forte variabilité pouvant exister entre les nématodes d'une même espèce mais vivant des conditions écogéographiques différentes. En effet, il a été démontré dans ce travail que des échantillons du nématode *H. pararobustus*, originaires d'une même et unique population, élevés dans des conditions différentes de température, ont tendance à dériver morphologiquement, en autant de sous-populations que de modalités du facteur environnemental auxquelles ils ont été soumis. En effet, les résultats de l'ACP sont si contrastés qu'il serait aisé de prétendre qu'ils caractérisent des espèces différentes. Nos données confirment les études de Coomans (1963) qui émettait l'hypothèse que des populations du même nématode, isolées géographiquement pendant une longue période pouvaient acquérir le niveau d'espèce voire de sous espèce. Nos études sont complémentaires de celles de Baujard *et al.* (1989) qui montraient que la majorité des caractéristiques morphologiques externes d'*H. pararobustus* observées en microscopie électronique à balayage, était très variable. Le présent travail démontre qu'en plus des caractéristiques qualitatives (morphologiques), les quantitatives (biométriques) sont également très variables chez *H. pararobustus*. Ces résultats corroborent ceux de plusieurs autres auteurs Fortuner et Quénéhervé (1980), Brown et Boag (1988) qui montraient que les facteurs environnementaux tels que le type de sol, l'hôte végétal et le climat pouvaient influencer la morphométrie de plusieurs espèces de nématodes. Elles confirment Fortuner (1987) selon qui la variabilité génétique naturelle, relevée dans une population mono spécifique peut être aggravée par l'influence des facteurs du milieu, climat, sol, plante. Sur le plan taxonomique, l'existence de cette grande variabilité des critères différentiels rend fragiles voire caduques de nombreuses diagnoses spécifiques n'ayant pas considéré à priori cette variabilité. Elle génère également des risques importants de confusion lors de la détermination des espèces du genre. En effet, les spécimens présentant une variabilité plus importante que celle

admise dans les clefs d'identification, pourraient être considérés comme espèces nouvelles.

La variabilité des caractères biométriques étant prouvée par l'ACP, il apparaît donc nécessaire de préciser les limites de cette variabilité. Le présent travail a contribué à fournir des données sur l'étendue de la variabilité des caractères en fonction de la température du sol (tableau I). D'autres études relevant de l'influence de l'humidité du sol, de la nature du sol et de l'hôte végétal seront nécessaires et permettront de préciser les limites de la variabilité des caractères proposés pour l'identification des nématodes (Fortuner, 1973).

L'ACP, en plus de la démonstration de la variabilité des caractères biométriques, a permis la détection des variables discriminantes c'est-à-dire les caractères biométriques les plus variables responsables de la variabilité observée. L'ACP a permis également la hiérarchisation des caractéristiques biométriques : les plus variables correspondent à celles qui sont les plus corrélées au premier axe principal, F1. Ces caractères sont : la position du bulbe médian par rapport à l'extrémité antérieure (BEA), la position des glandes œsophagiennes par rapport à l'extrémité antérieure (GEA), la distance entre le bulbe médian et la base du stylet (BMS), la longueur de la partie conique du stylet (LPC), la distance entre la valve œsophage-intestinale et l'extrémité antérieure (VOI), la longueur totale du corps (LC), la longueur du stylet (LS), la hauteur de la tête (LT), la distance entre l'anneau nerveux et l'extrémité antérieure (AEA), le nombre d'anneaux de la tête (NAT). Ces caractères, tous liés à la taille du nématode, présentent une variabilité importante. Ils sont responsables de la séparation des nématodes en groupes si différents qu'ils pouvaient être considérés comme des individus d'espèces différentes. Leur utilisation dans les diagnoses spécifiques nécessite la prise en compte de l'étendue de leur variabilité. L'étude de leur validité dans les descriptions des espèces d'*Hoploaimus* pourra être entreprise ultérieurement. Un deuxième groupe de caractères, les plus corrélés au deuxième axe principal F2, dont les fluctuations sont donc du reste assez importantes, sont la position du pore excréteur par rapport à l'extrémité antérieure du nématode (PEA), la position de l'hémizonide par rapport à l'extrémité antérieure (HEA), la distance entre le pore excréteur et le bulbe médian (PBM), la distance entre le pore excréteur et la portion antérieure des glandes œsophagiennes (PPG), la distance entre le pore

excréteur et le milieu des glandes œsophagiennes (PG), la position du pore excréteur vis-à-vis de l'hémizonide (PHZ). Tous ces caractères biométriques également liés à la taille du nématode sont très variables. Leur utilisation est conditionnée à la prise en compte de leur variabilité intraspécifique. En revanche, les caractères les plus stables c'est -à-dire très faiblement corrélés aux deux principaux axes factoriels F1 et F2 apparaissent être principalement : la hauteur (HBB) et la section (SBB) des boutons basaux du stylet, le nombre des anneaux de la queue (NAQ), la longueur des branches génitales (BGA et surtout BGP), la longueur (LBM) et la largeur (IBM) du bulbe médian, la profondeur de la vulve (LV), la largeur de la glande dorsale (IGD). Ces caractères, pour la plupart nouvellement testés, correspondent, à l'exception du nombre d'anneaux de la queue (NAQ), aux mensurations des organes internes du nématode. Ces caractères qui apparaissent constants quelque soit la température d'élevage pourraient constituer des caractéristiques différentielles fiables au niveau spécifique.

Dans la deuxième partie du travail, la comparaison de l'action de la température sur *H. pararobustus* et *H. dibytera*, a montré que la température n'engendre pas exactement les mêmes réponses chez les deux espèces de nématodes. En effet, plusieurs caractéristiques biométriques, équivalentes chez les deux espèces de nématodes, ne se modifient pas de la même manière sous l'effet de la température. Ces caractères sont principalement la position de la valve œsophage-intestinale par rapport à l'extrémité

antérieure (VOI), la longueur des branches génitales (BGA, BGP), la longueur de la queue (LQ), la distance entre le débouché de la glande œsophagienne dorsale et la base du stylet (OGD), la taille du nématode (LC), la longueur du stylet (LS). Ces caractères se sont plus développés chez *H. dibytera* que *H. pararobustus*. Chez cette dernière espèce, elles ont tendance à se réduire. En revanche, le diamètre du corps (DCV), la largeur de la queue (IQA), la position du pore excréteur vis-à-vis de l'hémizonide (PHZ), la longueur de la vulve (LV) et la longueur de la partie conique du stylet (LPC) se sont plus développés chez *H. pararobustus*. Des observations semblables ont été faites par Doucet *et al.* (2001) chez le nématode phytoparasite *Pratylenchus vulnus*. Ces auteurs ont montré que certaines caractéristiques morphométriques ne se comportaient pas de la même manière en fonction de la température chez les mâles et les femelles de cette espèce.

Cette différence de comportement des caractères morphologiques entre les des deux espèces de nématode étudiées suggère l'adoption de stratégies différentes face aux changements de température. Chez *H. dibytera*, l'augmentation des caractères VOI, LQ, OGD, LC et LS traduit un développement plus important du nématode, associée à une reproduction plus importante suite à l'augmentation des gonades (BGA et BGP). Par contre, chez *H. pararobustus*, on assiste plus à un épaississement du corps dû à l'augmentation du diamètre du corps (DCV), de la largeur de la queue (IQA), de la profondeur du vagin (LV).

6. CONCLUSION

La température exerce une nette influence sur la variabilité des caractéristiques morphométriques du nématode phytoparasite *H. pararobustus*. Il apparaît donc nécessaire de préciser les limites de cette variabilité en évaluant l'effet d'autres facteurs environnementaux et d'examiner la validité des caractéristiques morphologiques et biométriques déjà utilisées pour la description d'espèces dans le genre *Hoplolaimus*. La comparaison de l'influence

de la température sur deux espèces proches taxonomiquement (*H. pararobustus* et *H. dibytera*) car appartenant à la même sous famille a montré que des caractères morphométriques équivalentes chez les deux espèces ne sont pas influencés de la même manière par la température. Ce qui semble dénoter que ces deux espèces ont des stratégies différentes face aux changements de température

REMERCIEMENTS

Nous remercions Patrice CADET (Dr), consultant en nématologie et analyses de données, pour son apport dans l'analyse statistique des résultats de ce travail.

7. BIBLIOGRAPHIE

- Baujard P, Martiny B, Mounport D. and Ndiaye A: 1989. Variabilité des structures cuticulaires externes dans une population du nématode *Hoplolaimus pararobustus*: *Hoplolaimidae*. *Nematologica* 35: 413-418.
- Brown D.J.F. and Boag B: 1988. Morphometric variability and aberrations in nematode identification. In: Fortuner R. (Ed). *Nematode identification and expert system*

- technology. New York, NY, USA, Plenum Press: 185-189.
- Coomans A: 1963. Observations on the variability of morphological structures in *Hoplolaimus pararobustus*. *Nematologica* 9: 241-254.
- Doucet M, Lax P, Di Rienzo J.A, Pinochet J. and Baujard P: 2001. Temperature-induced morphometrical variability in an isolate of *Pratylenchus vulnus* Allen & Jensen, 1951 (Nematoda: Tylenchida). *Nematology* 3 (1): 1-8
- Fortuner R: 1973. Descriptions de *Pratylenchus safaensis* n.sp. et de *Hoplolaimus clarissimus* n.sp. (Nématoda : Tylenchida). Cahiers ORSTOM, série Biologie 21: 25-34.
- Fortuner R: 1987. Variabilité et identification des espèces chez les nématodes du genre *Helicotylenchus*. Études et Thèses. ORSTOM: 232 p.
- Fortuner R. and Queneherve P: 1980. Morphométrical variability in *Helicotylenchus* Steiner, 1952. 2. Influence of the host on *H. dibystra* (Cobb, 1893) Sher, 1961. *Revue de Nématologie* 3 : 291-296.
- Ndiaye A. and Obame Minko D: 2010. Étude des corrélations liées aux paramètres abiotiques (température et hygrométrie) et biotique (plante hôte) sur les variations morpho biométriques de *Helicotylenchus dibystra* (Nemata : Hoplolaimidae). *Revue CAMES-série A* 11: 139-144.
- Seinhorst J.W: 1962. Modification of the elutriation method for extracting nematodes from soil. *Nematologica* 8: 117-128.
- Seinhorst J.W: 1950. De betokens van de grond voor het optreden van aanstasting door het stengelaaltje (*Ditylenchus dipsaci* (khün) Filipjev), *Tijdschrift over Plantenziekten* 56: 291-349.
- Sher S.A: 1963. Revision of the Hoplolaiminae (Nematoda). II. *Hoplolaimus* Dadday, 1905 and *Aorolaimus* n. gen. *Nematologica* 9: 267-295.
- Thioulouse J, Chessel D, Doledec S. and Olivier JM: 1997. ADE-4: A multivariate analysis and graphical display software, *Stat. Comput.* 7: 75-83.
- Van Den Berg E. and Heyns J: 1970. South African Hoplolaiminae. I. The genus *Hoplolaimus* Dadday, 1905. *Phytophylactica* 2: 221-226.