

CONVENTIONS
SCIENCES DE LA VIE
ZOOLOGIE APPLIQUÉE

N° 10

2000

Étude de la « fourmi électrique » *Wasmannia
auropunctata* (Roger) en Nouvelle-Calédonie :
expressions de l'invasion, moyens d'une maîtrise de
la nuisance en milieu agricole, praticabilité d'une
préservation des milieux naturels

Jean CHAZEAU
Tana POTIAROA
Lydia BONNET de LARBOGNE
Djoëi KONGHOULEUX
Hervé JOURDAN

Convention « fourmi électrique »
N° 2472 du 11 mai 1999 entre
la Nouvelle-Calédonie et IRD

CONVENTIONS
SCIENCES DE LA VIE
ZOOLOGIE APPLIQUÉE

N° 10

2000

Étude de la « fourmi électrique » *Wasmannia
aeropunctata* (Roger) en Nouvelle-Calédonie :
expressions de l'invasion, moyens d'une maîtrise de la
nuisance en milieu agricole, praticabilité d'une préservation
des milieux naturels

Jean CHAZEAU
Tana POTIAROA
Lydia BONNET de LARBOGNE
Djoël KONGHOULEUX
Hervé JOURDAN

Convention « fourmi électrique »
N° 2472 du 11 mai 1999 entre
la Nouvelle-Calédonie et IRD



Institut de recherche
pour le développement



H2-31556
2ex FBI A* 21 SA1



010057239

© IRD, Nouméa, 2000

/Chazeau, J.
/Potiaora, T.
/Bonnet de Larbogne, L.
/Konghouleux, J.
/Jourdan H.

Étude de la « fourmi électrique » *Wasmannia auropunctata* (Roger) en Nouvelle-Calédonie : expressions de l'invasion, moyens d'une maîtrise de la nuisance en milieu agricole, praticabilité d'une préservation des milieux naturels

Nouméa : IRD. Mars 2000. p. 50
Conventions : Sci. Vie ; Zool. Appliq. ; 10

ENTOMOLOGIE APPLIQUÉE ; INSECTE NUISIBLE ; ESPECE ALLOGENE ; INTRODUCTION D'ESPECES ; METHODE DE LUTTE ; ECHANTILLONNAGE ; PIEGEAGE ; WASMANNIA AOROPUNCTATA / NOUVELLE CALEDONIE

Sommaire

Introduction	3
L'invasion de la Nouvelle-Calédonie : rappel	3
Etat du problème <i>Wasmannia</i> en 1999	5
I - Expressions de <i>Wasmannia</i> en Nouvelle-Calédonie	6
1 - Etude en caféries	6
1.1 - Matériel et méthodes	6
1.1.1 - Matériel	6
1.1.2 - Stations retenues	7
1.1.3 - Conditions de l'échantillonnage	8
1.1.4 - Traitement des échantillons, indices retenus et traitement des données	8
1.2 - Résultats	8
1.2.1 - <i>Wasmannia auropunctata</i>	8
1.2.2 - Autres espèces de la myrmécofaune	9
1.2.3 - Analyse multivariées	10
1.3 - Discussion	11
1.3.1 - Expression de <i>Wasmannia</i> et de la guildes des fourmis	11
1.3.2 - Facteurs explicatifs de l'expression de <i>Wasmannia</i>	11
1.4 - Conclusion	13
2 - Rappel des connaissances acquises en milieu naturel	14
2.1 - Matériel et méthodes	14
2.1.1 - Etude au sol	14
2.1.2 - Etude en canopée	14
2.2 - Résultats et discussion	15
2.2.1 - Milieux sclérophylles	15
2.2.2 - Milieux ultrabasiqes	16
2.4. Conclusion	17
3 - Les modalités de l'expression de <i>Wasmannia</i> : conclusions	17
II - Contrôle de <i>Wasmannia auropunctata</i>	18
1 - Techniques utilisées hors de Nouvelle-Calédonie	18
2 - Essais antérieurs en Nouvelle-Calédonie	18
3 - Essais d'empoisonnement des colonies	19
3.1. Matériel et méthodes	19
3.1.1 - Matériel	19
3.1.2 - Stations retenues et conditions de l'échantillonnage	19
3.1.3 - Traitements insecticides	20
3.1.4 - Traitement des échantillons, indices retenus et traitement des données	21
3.2. Résultats	21
3.2.1 - Abondances et saisonnalité	22
3.2.2 - Comparaison des traitements	22
3.3. Discussion	23
3.4. Conclusion	23
Conclusion générale et perspectives de contrôle	24
Remerciements	26
Références bibliographiques	26
Annexes	28

Introduction

La petite fourmi de feu *Wasmannia auropunctata* (Roger), pour laquelle les Néocalédoniens ont adopté le nom pittoresque de « fourmi électrique » en raison de sa piqûre irritante, est bien connue de tous les résidents et vite identifiée par les nouveaux arrivants. Son agressivité et la toxicité de son venin lui confèrent une capacité vulnérante hors de proportion avec sa taille modeste. Son occurrence dans les milieux les plus divers est donc la cause de nuisances multiples.

En milieu agricole mélanésien, où l'usage des insecticides est peu répandu, une culture de rente comme le café s'est vue délaissée du fait de la pénibilité des travaux de récolte ou d'entretien dans les zones envahies. La présence de fortes densités de *Wasmannia* rend la progression pénible dans les zones de taillis et les zones arborées envahies. Les chasseurs renoncent à les prospecter, les stockmen répugnent à y rassembler le bétail en raison des piqûres qui énervent les chevaux et le bétail lui-même est réputé éviter les zones fortement infestées.

Elle est aussi une nuisance dans les zones d'habitation, jusque dans Nouméa même, mais la disponibilité des produits de traitement et le pouvoir d'achat de la cité y masquent partiellement l'importance du problème. En milieu mélanésien, la nuisance est très forte quand les habitations traditionnelles aux toits de chaume sont envahies. Plus communément, les agressions sont observées autour des habitations. Les piqûres répétées des yeux des chiens (plus rarement des chats) sont fréquemment à l'origine de kératites entraînant leur cécité. Il existe aussi des informations faisant état de cécité de bétail ou de cerfs sauvages, sans que l'on puisse définir si elles relèvent de l'anecdote ou d'un problème qui mériterait une enquête.

L'impact de cet envahisseur sur plusieurs aspects de la vie sociale et économique de la Nouvelle-Calédonie a conduit l'IRD (anciennement Orstom) à entreprendre son étude, et ce travail a reçu en 1999 le soutien du Congrès. Le présent rapport résume les résultats de cette étude, les discute en fonction des acquis antérieurs sur le territoire et à l'extérieur, et indique les perspectives de contrôle de cette nuisance.

L'invasion de la Nouvelle-Calédonie : rappel

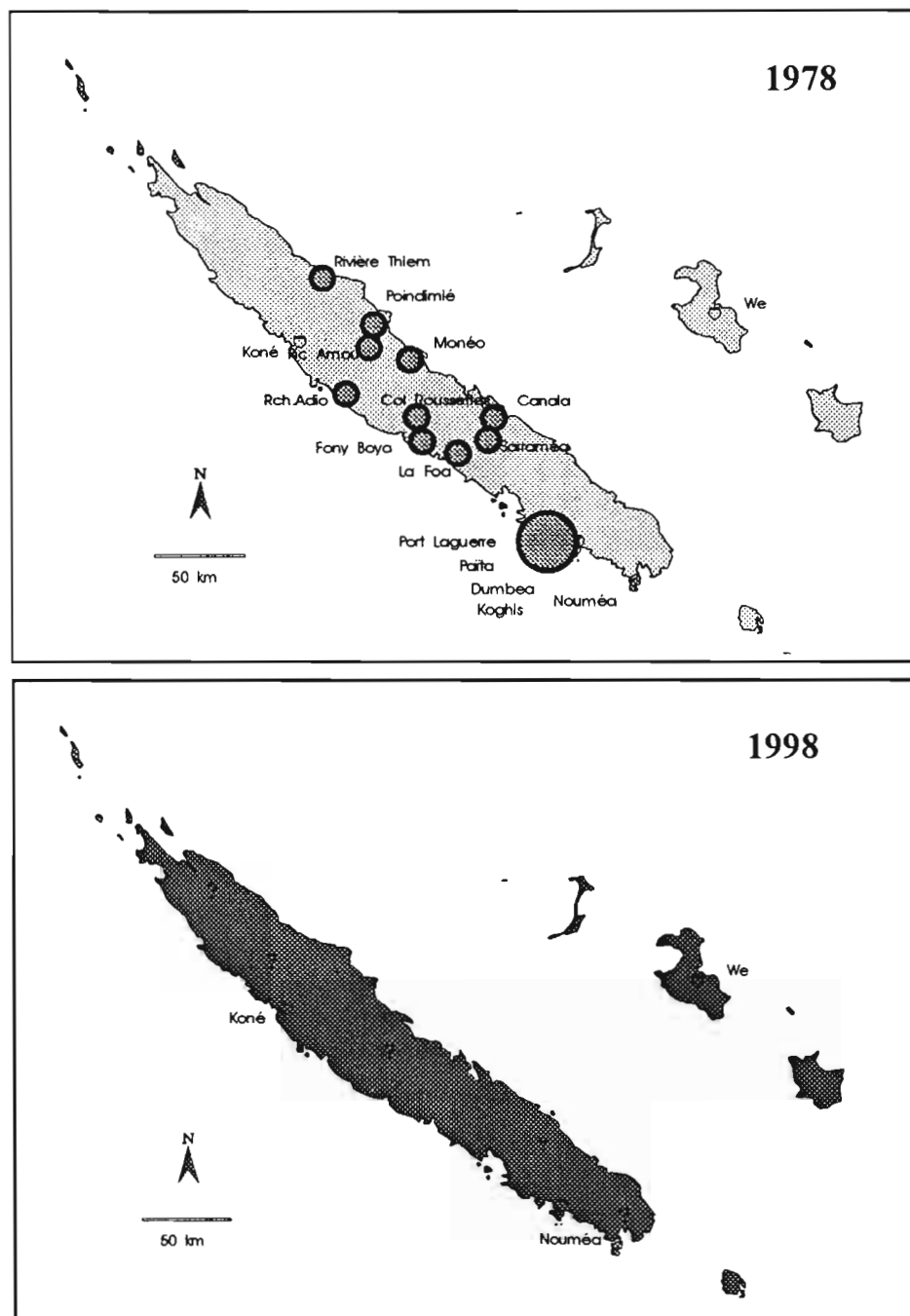
Il n'est pas possible de dater avec précision l'introduction accidentelle de la fourmi pionnière *Wasmannia auropunctata* (Roger) en Nouvelle-Calédonie: sans doute entre 1960 et 1970, puisqu'elle était signalée de Port-Laguerre dès 1972 et remarquée sur la Côte Est (Monéo) dès 1974. Jourdan (1999) a souligné son absence en 1955 et montré, par l'étude de spécimens conservés dans les collections de l'ANIC (Australian National Insect Collection), qu'elle était déjà largement répandue dès 1978 dans les milieux anthropisés (Fig. 1).

Les conditions de cette malencontreuse introduction sont hypothétiques elles aussi, mais il est très probable qu'elle est directement liée à des importations venant de l'Amérique tropicale, qui est l'aire d'origine de l'espèce.

On observe que la période de l'invasion coïncide avec l'introduction du pin des Caraïbes, pour laquelle on a simultanément importé des mycorhizes provenant du Honduras ou du Costa Rica dès 1963 (Lemire-Pecheux, 1996, citée par Jourdan, 1999). Cette technique est particulièrement propice à la propagation de *Wasmannia* dont les nids de taille modeste passent facilement inaperçus.

D'autres plantes de même provenance (fruitiers) sont aussi des vecteurs possibles. L'introduction à partir de bois d'œuvre ou d'autres matériaux de construction ne peut être absolument écartée. Mais le fait que la fourmi ait été d'abord remarquée à la pépinière de Port-Laguette, qui a joué un rôle central dans la distribution des plantes d'intérêt agricole ou sylvicole en Nouvelle-Calédonie, n'est certainement pas une coïncidence.

Fig. 1. Envahissement de la Nouvelle-Calédonie par *Wasmannia auropunctata* (d'après Jourdan, 1999)



Etat du problème *Wasmannia* en 1999

Une fois introduite, et passant inaperçue pendant les premières années de sa présence, *W. auropunctata* s'est répandue dans presque tout l'archipel. En moins d'un quart de siècle, elle a envahi toute la Grande terre. Cela signifie qu'aucune des 33 communes n'en est exempte mais, comme on le verra plus loin, la fourmi électrique n'occupe pas tout le terroir. L'île des Pins et les Loyauté (sauf Tiga ?) ont été aussi envahies et l'île de Walpole a été accidentellement infestée malgré son isolement.

On n'a pas reçu d'information sur sa présence dans l'archipel des Belep et de nombreux îlots du grand lagon calédonien en sont encore indemnes. Malgré ces heureuses exceptions, il est clair que la nuisance liée à cet envahisseur concerne la plus grande partie du pays.

La rapidité de la dispersion de *W. auropunctata* pose la question des moyens de cette propagation. Il est pratiquement établi que cette espèce n'a pas de vol nuptial et que le moyen naturel de son expansion est le bourgeonnement à courte distance de colonies diffuses et polygynes (réseau de petits nids contenant plusieurs femelles fécondes ou reines) (Jourdan & al., 1998 ; Jourdan, 1999).

Il y a plusieurs exemples d'une dispersion de la fourmi électrique par les activités humaines et de fortes présomptions pour que certains programmes de développement économique en aient malencontreusement accéléré le rythme. On citera le reboisement en pin caraïbe, la relance de la filière café en tribu et, plus généralement, toutes les interventions de travaux publics, de foresterie ou d'agriculture impliquant le transport de végétaux, le travail de la terre et son transport sans de très grandes précautions dans les zones rurales (Jourdan & al., 1998 ; Jourdan, 1999). Dans les zones urbanisées, le transport de terre et de matériaux de construction (comme les parpaings, qui offrent des sites de nidification très convenables) a favorisé de la même façon le déplacement de la fourmi électrique, des témoignages mentionnent des arrivées dans les bobines de câble importées pour les opérations d'électrification (Ouvéa).

Ces observations n'impliquent pas que la diffusion à distance de cette fourmi ait eu exclusivement une origine anthropique. L'infestation via les cours d'eau, de zones de vallées à partir de zones en amont où l'envahisseur avait été accidentellement implanté, est un scénario réaliste. Ce transport par l'eau est connu pour plusieurs espèces d'Amérique tropicale et il est étayé en Nouvelle-Calédonie par l'observation d'amas de *Wasmannia* vivantes, dérivant dans les « creeks » et sur les rivières après de fortes pluies, amas qui sont parfois associées à des végétaux flottants. Des amas de fourmis ont même été observés dérivant sur le lagon sud à un kilomètre de la côte (Hannecart, cité par Jourdan, 1999) et leur présence sur le platier a été signalée à plusieurs reprises dans la région de Hienghène. Mais les évidences ou les présomptions fortes d'une action anthropique restent le cas de figure le plus fréquent dans la conquête de zones indemnes (Jourdan & Chazeau, 1997 ; Jourdan, 1999).

I - Expressions de *Wasmannia* en Nouvelle-Calédonie

I - ETUDE EN CAFERIES

1.1 - Matériel et méthodes

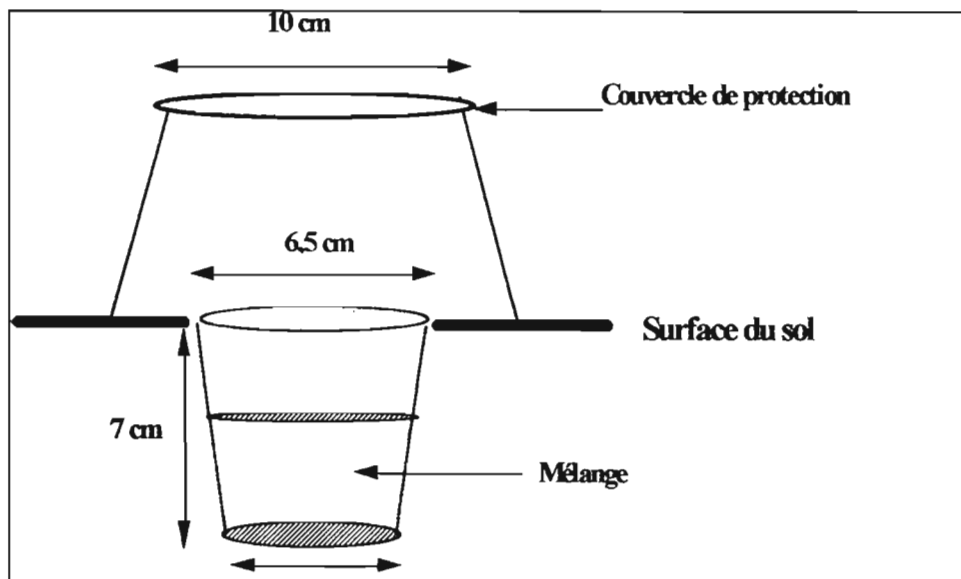
1.1.1 - Matériel

La myrmécofaune a été échantillonnée au sol avec des pièges d'interception du type piège de Barber (« pitfall trap », Southwood, 1978), qui sont communément utilisés pour l'étude des communautés de fourmis (Andersen, 1991, Majer, 1983). Ces pièges donnent qu'une image incomplète de la myrmécofaune, car toutes les espèces ne sont pas capturées, en particulier celles qui fourragent préférentiellement dans la canopée. Mais toutes les méthodes ont leurs biais et celle-ci, qui est la plus efficace en terme d'effort par station, permet de multiplier les observations synchrones.

Ce piège est un pot en matière plastique (diamètre à l'ouverture : 6.5 cm, hauteur : 7 cm), auquel on ajoute un couvercle de protection (une demi-boîte de pétri en matière plastique supportée par 2 pieds en fil de fer) qui limite la contamination du piège par des débris végétaux et son remplissage par les eaux de pluie (fig. 2).

Chaque piège est partiellement rempli d'une solution de di-éthylène-glycol (antigel du commerce) additionnée de 2% de formol (formaldéhyde). Très peu volatil, le di-éthylène-glycol est peu attractif ou répulsif pour la faune. Chaque piège reste en place pendant une semaine : cette durée a été choisie après des essais préliminaires (périodes de 3, 5, 7 et 14 jours) qui ont montré que toute l'information (nombre d'espèces présentes au sol) était obtenue dès 7 jours (Jourdan & Chazeau, 1997).

Fig. 2 . Piège du type « Pot de Barber » (pitfall trap) utilisé lors de l'étude
(d'après Jourdan & Chazeau, 1997)



1.1.2 - Stations retenues

Le choix des cafés comme milieu pour l'étude de l'expression de *Wasmannia auropunctata* en fonction des conditions de l'environnement procède de deux démarches :

- une simplification du modèle étudié, car il semble *a priori* irréaliste d'entreprendre une comparaison dans des milieux naturels aussi divers que les friches anthropiques, les forêts denses humides sur substrat ultrabasique ou non, les forêts sèches et les maquis et d'espérer, dans ce contexte écologique très hétérogène, mettre en évidence les facteurs déterminants de la dominance de *Wasmannia* ;
- un centrage de l'effort de recherche sur un milieu agricole dont l'invasion et les nuisances subséquentes ont eu de regrettables conséquences pour la production, alors même que l'on attendait de la spéculation caféière une certaine contribution au rééquilibrage économique pour les populations rurales mélanésiennes.

Huit stations ont été retenues pour l'étude : 2 dans le Sud (Mt Mou en altitude et Touaourou au bord de mer) ; 2 sur la Côte Est (Canala en plaine côtière et Ema dans la chaîne) ; 3 sur la Côte Ouest (2 en plaine côtière à Nessadiou, 1 dans la chaîne à Paouta).

Le tableau 1 résume quelques paramètres décrivant l'environnement de ces stations. On trouvera en Annexe I-1 les 7 tableaux résumant les paramètres climatiques correspondant au bimestre précédant la date de relevé des pièges, pour chaque station et pour 6 campagnes d'échantillonnage.

Tableau 1. Conditions environnementales des stations étudiées.
Les paramètres climatiques sont les moyennes des mesures, par période de 3 h,
de janvier 1998 à janvier 1999.

Notation : 0 = nul ; 1 = faible ; 2 = moyen ; 3 = fort

	Canala	Ema	Mt Mou	Nessadiou	Paouta	Sarraméa	Touaourou
Pluie(1/10mm)	17,7	5,6	6,2	4,4	3,2	4,9	7,1
Fréquence pluie	0,21	0,14	0,17	0,08	0,12	0,13	0,22
Fréq. pluie>5mm	0,034	0,023	0,029	0,019	0,016	0,026	0,040
T°moy(1/10°C)	224	215	211	229	247	221	220
T°max(1/10°C)	244	230	225	244	266	241	239
T°min(1/10°C)	209	204	202	217	232	207	205
Lum(w/cm ²)	68,0	50,8	35,5	74,6	80,4	18,5	107,2
Pf20cm	3,00	2,88	3,26	3,01	2,93	2,94	2,83
Pf40cm	2,98	2,89	3,27	3,02	2,93	2,96	2,80
Temps Rosée (')	94,7	53,4	45,6	70,4	59,7	92,3	39,2
Pente	0	2	3	1	1	2	1
Couvert canopée	2	2	3	1	2	3	2
Bois mort au sol	3	3	3	3	3	3	3
Litière	3	3	3	3	3	3	3
Pierres en surface	0	3	3	2	2	3	1
<i>Coccus viridis</i>	1	3	1	0	1*	3	1

* occasionnel sur la station Nessadiou 4 (NS) : janvier 1999

1.1.3 - Conditions de l'échantillonnage

Dans chacune des 8 stations, 8 caféiers ont été numérotés et l'emplacement d'un piège de Barber a été repéré au pied de chacun d'eux. Les pièges ont donc toujours été placés aux mêmes endroits pendant toute la durée de l'étude.

Chaque campagne d'échantillonnage a consisté au posé de 8 pièges de Barber sur chaque station et à leur relevé après 7 jours. La périodicité de l'échantillonnage a été bimestrielle. Le nombre d'échantillons collectés, triés et exploités pour ce travail est donc de 64 échantillons par campagne soit 448 au total.

1.1.4 - Traitement des échantillons, indices retenus et traitement des données

Les échantillons provenant des relevés de pièges sont lavés à l'éthanol et triés au laboratoire sous microscope binoculaire. Les *Wasmannia*, les autres Formicidae et les Aranea (groupe indicateur d'altération de la faune, qui n'est pas exploité dans le cadre de ce rapport) sont extraits pour dénombrement et identification ultérieures.

Pour uniformiser la présentation des données et pour faciliter les comparaisons avec les résultats des études antérieures, on utilise un indice de fourragement I_f : il correspond au nombre d'ouvrières capturées par piège de Barber et par jour d'échantillonnage.

Les données climatiques acquises sur les enregistreurs par saison et par station sont résumées sous forme graphique en Annexe III (températures moyennes et pluviométries seulement pour la lisibilité des figures).

Les calculs statistiques ont été faits sur tableur (Excel 97) et au moyen des logiciels spécialisés Systat et ADE. Pour simplifier le traitement, les données de 6 échantillons manquants ont été remplacées par la moyenne des données correspondantes pour la station et pour la campagne.

1.2 – Résultats

1.2.1 - *Wasmannia auropunctata*

On trouvera en Annexe I-2 l'ensemble des données de captures pour chaque piège de Barber et en Annexe I-4 les statistiques descriptives de données des captures hebdomadaires, à chaque campagne d'échantillonnage, sur l'ensemble des stations. Le tableau 2 résume les indices de fourragement observés.

Canala. La station ne recense de *Wasmannia* qu'aux campagnes de juillet et septembre, en très faibles nombres.

Ema. Les indices de fourragement observés pour *Wasmannia* sont très élevés pour toutes les campagnes, avec des maxima en mars et septembre. Les plus forts indices sont supérieurs à 5000 i/p/j, le plus faible est encore supérieur à 400 i/p/j.

Mt Mou. Les indices de fourragement sont faibles (toujours moins de 5 i/p/j), mais *Wasmannia* a été recensée à toutes les campagnes. Les maxima sont observés en mars et septembre, mais les populations semblent s'accroître régulièrement après une légère baisse en novembre 1998.

Nessadiou. Les 2 stations suivies à Nessadiou (Nessadiou 3 et Nessadiou 4, codées NE et NS dans le tableau 2), sont pratiquement exemptes de *Wasmannia*, qui apparaissent sporadiquement en très faibles nombres : en septembre et novembre (NE) ou plus régulièrement dans l'année (NS).

Fig. 3. Indices de fourrage observés pour *Wasmannia auropunctata* (Log(lf+1))

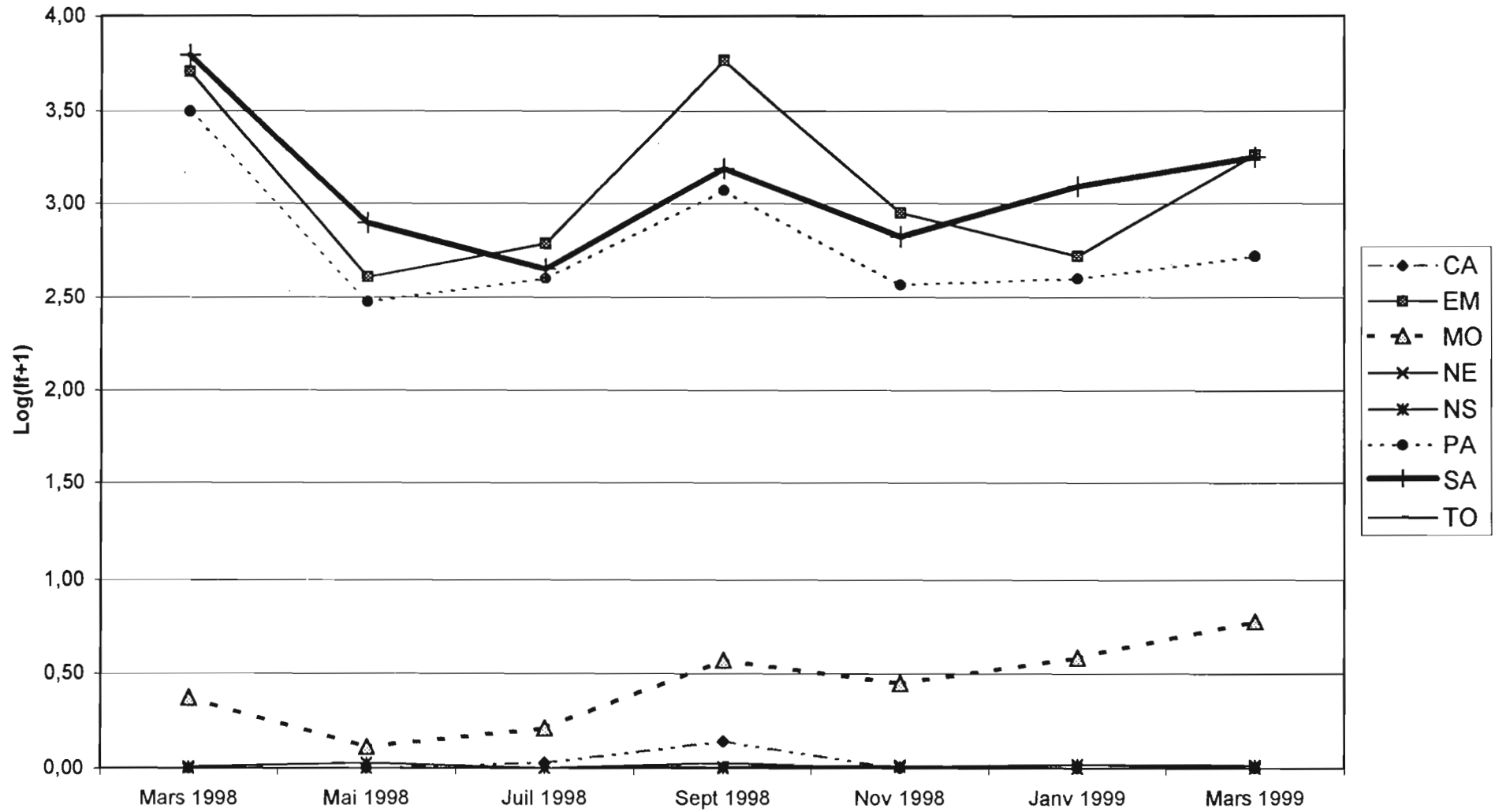
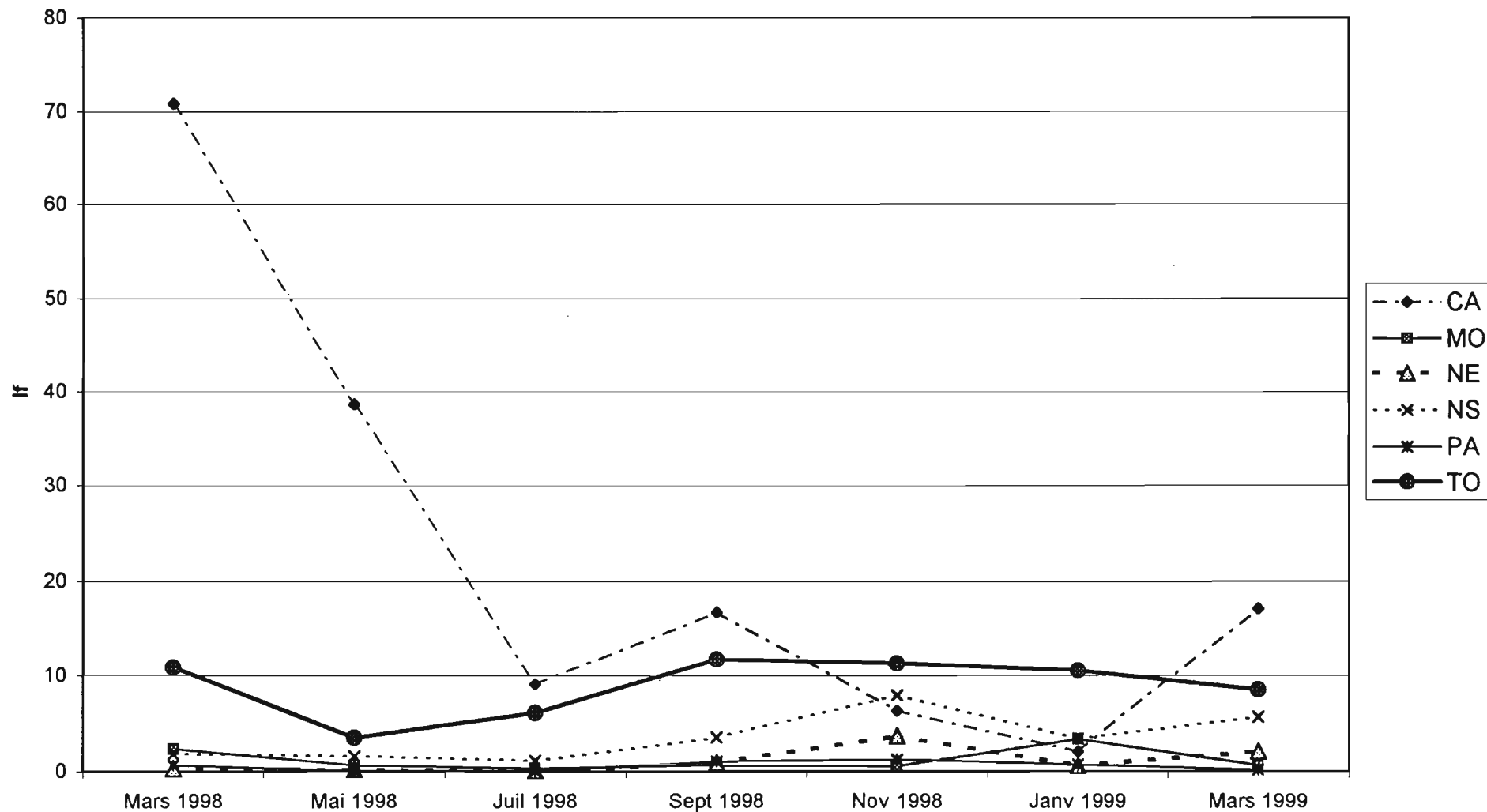


Fig. 4. Indices de fourragement observés pour les autres Formicidae (If)



Paouta. Les indices de fourragement observés pour *Wasmannia* sont très élevés pour toutes les campagnes, avec des maxima dépassant 3000 i/p/j en mars et 1000 i/p/j en septembre.

Sarraméa. Les indices de fourragement observés pour *Wasmannia* sont très élevés pour toutes les campagnes, avec des pics dépassant 6000 i/p/j en mars et 1700 i/p/j en septembre.

Touaourou

La station ne recense de *Wasmannia* en très faibles nombres qu'en septembre et janvier.

Tableau 2. *Wasmannia auropunctata* : indices de fourragement observés à chaque campagne bimestrielle (nombres moyens d'individus capturés par piège et par jour)

(CA : Canala EM : Ema MO : MtMou NE / NS : Nessadiou PA : Paouta SA : Sarraméa TO : Touaourou)

Station	Mars 1998	Mai 1998	Juil 1998	Sept 1998	Nov 1998	Janv 1999	Mars 1999
CA	0,00	0,00	0,07	0,39	0,00	0,00	0,00
EM	5068,32	406,84	610,05	5816,77	891,80	526,47	1817,24
MO	1,38	0,30	0,64	2,73	1,82	2,84	4,98
NE	0,00	0,00	0,00	0,02	0,04	0,00	0,00
NS	0,02	0,07	0,00	0,00	0,02	0,05	0,04
PA	3136,59	298,14	399,25	1175,34	368,77	397,52	524,84
SA	6223,59	788,00	447,23	1538,84	666,80	1234,95	1776,29
TO	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,05	0,00

1.2.2 - Autres espèces de la myrmécofaune

On trouvera en Annexe I-2 l'ensemble des données de captures pour chaque piège de Barber. Le tableau 3 résume, pour l'ensemble des stations, les indices de fourragement observés à chaque campagne d'échantillonnage.

A Canala, *Pheidole megacepha* domine la station. Ses populations les plus abondantes ont été observées en mars 1998. Elles se sont effondré en juillet, ont connu un accroissement en septembre suivi d'un nouvel effondrement et sont remontées au niveau de septembre 1998 entre la mi-janvier et la mi-mars 1999.

Sur Ema, aucune espèce autre que *W. auropunctata* n'a été capturée pendant le suivi.

La station du Mt Mou abrite de faibles populations de fourmis, mais une belle diversité. Les maxima de populations sont observés en mars 1998 et en janvier 1999. Huit espèces ont été recensées, parmi lesquelles on remarque plusieurs endémiques: *Camponotus gambeyi*, *Leptogenys sagaris.*, *Lordomyrma sp.*, *Oligomyrmex sp.*, *Paratrechina longicornis*, *Pheidole luteipes*, *Pheidole sp. 1*, *Pheidole sp.2*, *Rhytidoponera numeensis*.

Sur les stations de Nessadiou, la diversité est faible : 2 espèces ont été recensées sur Nessadiou 3 (NE : *Odontomachus sp.* et *Tetramorium sp.*) et 4 espèces sur Nessadiou 4 (NS : *Brachymyrmex obscurior*, *Cryptopone sp.*, *Pheidole sp.* et *Tetramorium sp.*). Les 2 stations de Nessadiou montrent un maximum en novembre 1998, une décroissance après la mi-novembre, puis une remontée des populations entre janvier et mars 1999.

Sur Paouta, la diversité est faible : la seule espèce recensée est *Brachymyrmex obscurior*

dont les populations maximales (mais toujours discrètes) sont observées en septembre et novembre 1998.

Sur Sarraméa, aucune espèce autre que *W. auropunctata* n'a été capturée pendant le suivi.

Sur Touaourou, la faune recensée est assez diversifiée mais *Pheidole megacephala* domine très fortement sur la station. Les populations de *Pheidole* ne connaissent pas les fluctuations très marquées observées à Canala, mais les captures sont 2 à 3 fois plus faibles en mai et juillet. Le reste de la faune est capturée en très petits nombres (moins de 10 individus par campagne). Ont été recensées : *Brachymyrmex obscurior*, *Cerapachys sp.*, *Oligomyrmex sp.*, *Paratrechina sp.*, *Strumigenys sp.* et *Tetramorium sp.*

Tableau 3. Autres Formicidae : indices de fouragement observés à chaque campagne bimestrielle (nombres moyens d'individus capturés par piège et par jour)

(CA : Canala EM : Ema MO : MtMou NE / NS : Nessadiou PA : Paouta SA : Sarraméa TO : Touaourou)

Station	Mars 1998	Mai 1998	Juil 1998	Sept 1998	Nov 1998	Janv 1999	Mars 1999
CA	70,80	38,63	9,11	16,76	6,32	2,07	17,14
EM	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MO	2,36	0,64	0,34	0,64	0,52	3,36	0,63
NE	0,25	0,18	0,07	0,93	3,70	0,59	2,11
NS	1,84	1,63	1,14	3,57	7,95	3,41	5,68
PA	0,64	0,04	0,04	1,04	1,21	0,68	0,14
SA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TO	10,89	3,55	6,09	11,73	11,32	10,55	8,50

1.2.3 – Analyse multivariables

Une analyse factorielle des correspondances a été faite sur un tableau groupant en colonnes les 48 couples relevé x station (C1 = Canala 1^{er} relevé, C2 = Canala 2^{ème} relevé, etc.... T6 = Touaourou 6^{ème} relevé) et en lignes 14 facteurs descriptifs (les paramètres environnementaux – essentiellement climatiques – de la période bimestrielle précédant le relevé) : pluviométrie, fréquence des précipitations, des précipitations supérieures à 5 mm et à 10 mm par période de 3 heures, températures moyennes, moyennes des maxima et des minima, pf du sol à 20 et 40 cm, temps de rosée, luminosité, pente, indices moyens de fouragement des *Wasmannia* et des autres espèces de fourmis.

Les résultats de l'analyse figurent en Annexe I-5. On y a joint les graphes de la projection des lignes et des colonnes du tableau traité dans le premier plan factoriel.

Le premier facteur est un facteur d'abondance de *Wasmannia*, le second traduit essentiellement l'abondance des autres Formicidae, particulièrement celle du groupe numériquement dominant des *Pheidole*.

1.3 – Discussion

1.3.1 – Expression de *Wasmannia* et de la guildes des fourmis

Pendant la période de suivi (7 campagnes bimestrielles), les pics de populations pour *Wasmannia* ont été observés en mars et en septembre sur les 3 stations où l'envahisseur s'exprime fortement : Ema, Sarraméa et Paouta. Les indices de fourrage observés sur Ema et Sarraméa sont très élevés, dépassant les 5000 i/ piège/j. La station de Paouta est elle aussi très fortement envahie, mais ses indices sont 2 fois moins élevés. La tendance à l'accroissement du niveau moyen des populations sur cette station masque partiellement les pics de mars et septembre, mais ils restent discernables.

A l'opposé, on observe l'apparition sporadique de très petits nombres de *Wasmannia* dans les stations de Canala, Nessadiou et Touaourou, manifestations trop discrètes pour qu'on puisse y voir un facteur saisonnier direct. Ces apparitions pourraient être liées à des apports anthropiques (travaux d'entretien ou de plantation) ou, dans le cas de Canala, à un apport par les eaux de ruissellement et celles du creek voisin en crue qui ont inondé la station.

La station du Mt Mou occupe une place intermédiaire. La présence de *Wasmannia* est constante mais très modérée : la différence d'ordre de grandeur avec les stations très envahies est de 1 à 1000. Le cas de cette station est intéressant, car elle est implantée sous le couvert d'une forêt primaire assez peu altérée. Les populations de l'envahisseur y coexistent avec une faune myrmécologique diversifiée où des espèces natives sont présentes. La progression des effectifs de *Wasmannia* dans le cadre temporel de l'étude (confirmée par des observations ultérieures) indique que l'on est dans une phase invasive. L'origine de l'invasion a été localisée : il s'agit d'une zone située plus haut sur le versant et infestée par *Wasmannia* après le dépôt de matériaux de construction qui ont de toute évidence servi au transport de la fourmi électrique.

En ce qui concerne les espèces de fourmis autres que *Wasmannia*, les 2 stations de Nessadiou montrent une abondance comparable à celle du Mt Mou, mais une bien moindre diversité. Les stations de Canala et Touaourou ont une faune numériquement notable mais pauvre au plan de la diversité : ce sont les *Pheidole* qui constituent la plus grande partie des effectifs recensés.

Aucune autre espèce que *Wasmannia* n'a été capturée sur les stations d'Ema et Sarraméa. Sur la station de Paouta, la faune myrmécologique est qualitativement résiduelle et numériquement faible.

1.3.2 – Facteurs explicatifs de l'expression de *Wasmannia*

L'analyse factorielle des correspondances apporte peu d'éléments qui ne soient pas plus simplement perceptibles. En particulier, elle ne met pas en relief des associations de facteurs qui seraient liées aux fortes populations de *Wasmannia*. Le nombre de stations suivies, dans des conditions variées, devrait sans doute être beaucoup plus élevé pour pouvoir mettre ces associations en évidence.

Températures

En matière d'expression dans le temps (expression saisonnière), les fortes populations de *Wasmannia* coïncident pour chaque station avec les fortes températures annuelles. Les pics observés en septembre traduisent une reprise d'activité liée à la remontée des températures en fin d'hiver austral, limitée ensuite par la fin de la saison « sèche ». Le

retour des pluies joint aux températures en hausse relance alors le cycle de la faune, donc le stock des ressources exploitables par *Wasmannia* qui reprend sa reproduction et reconstruit ses populations. Le lien entre cette remontée de septembre et la disponibilité de ressources en cochenilles (qui prospèrent hors de la saison des fortes pluies) serait à préciser.

En matière d'expression dans l'espace, l'examen des températures moyennes enregistrées sur les stations indique qu'elles ne sont pas le facteur clé des pullulations. Le Mt Mou est la station la plus fraîche et Paouta la plus chaude (3,6° de différence). Mais toutes deux sont envahies, alors que Canala et Touaourou, qui sont intermédiaires pour cette température moyenne, sont toutes deux exemptes. Le Mt Mou est bien moins envahi que Paouta ; mais Ema et Sarraméa, qui sont les plus voisines du Mt Mou sur ce critère température, sont aussi les stations les plus fortement envahies.

L'examen des moyennes de maxima et des minima n'ouvre pas d'avantage de perspectives pour l'explication des fortes différences entre les stations.

Pluviométrie

En matière d'expression dans le temps, le cycle saisonnier de l'eau, joint à celui des températures, conditionne le niveau de la faune, donc des ressources exploitables (voir plus haut).

En matière d'expression dans l'espace, Canala, Touaourou et le Mt Mou sont, dans l'ordre, les stations où la pluviométrie est la plus forte. Ce tiercé est conservé pour la fréquence des pluies (nombre de périodes de pluie/nombre de périodes de 3h) et pour la fréquence des fortes pluies (>5 mm en 3h), mais Touaourou devance Canala. On observe aussi qu'Ema est proche du Mt Mou pour ces critères, mais qu'elle abrite des populations de *Wasmannia* beaucoup plus denses et qu'il en est de même pour Sarraméa. Les fortes pluviométries moyennes et la fréquence absolue des fortes averses ne sont donc pas des critères suffisants par eux-mêmes pour expliquer les différences entre stations. On remarque cependant que Nessadiou (où la discrétion de *Wasmannia* est difficile à expliquer) a reçu au cours des 4 premiers bimestres des averses brèves mais très violentes qui ont pu perturber les sites de nidification sur des zones plates où l'eau peut stagner pendant quelques heures.

Pendant le cours de l'étude, le manque d'eau n'a pas été limitant pour *Wasmannia* sur les stations suivies. Paouta, fortement envahie, est la station la plus sèche et ce facteur ne peut seul expliquer les différences avec les 2 stations de Nessadiou.

Compétition dans la guild

Wasmannia auropunctata confirme sa réputation d'espèce pionnière extrêmement compétitive : elle exclut du sol et de la litière toute autre espèce de la guild sur les stations d'Ema et de Sarraméa ; seule une *Brachymyrmex*, petite espèce beaucoup plus vive que *Wasmannia*, coexiste en faibles populations avec l'envahisseur sur Paouta.

On observe par contre une exclusion de *Wasmannia* dans les 2 stations où domine *Pheidole megacephala* (Canala et Touaourou). On observe aussi la présence de 2 espèces de *Pheidole* dans la station forestière où *Wasmannia* exprime des population modérée (Mt Mou). La compétition avec les *Pheidole* (plus particulièrement *P. megacephala*) peut être un facteur limitant pour l'extension de *Wasmannia*, même quand elle se trouve dans des conditions plus favorables que le milieu forestier : une « frontière » stable entre les 2 espèces a été suivie pendant plus d'un an sur la station de Bangou (voir 2^{ème} partie de ce rapport).

1.4 - Conclusion

L'expression de *Wasmannia auropunctata* s'avère très variée, même si on limite les investigations à un milieu relativement « simple » comme la caféraie familiale. Dans notre échantillon, l'opposition est très nette entre stations fortement envahies et stations quasiment exemptes de *Wasmannia*, la seule station intermédiaire ayant le caractère atypique d'un milieu forestier naturel.

Dans les stations envahies, l'expression saisonnière entraîne de très fortes fluctuations des populations de l'envahisseur : les maxima correspondent aux fortes températures en saison humide. Mais les différences dans les indices de fourragement mesurés sur chaque piège d'une station, à une saison donnée, témoignent aussi d'une forte hétérogénéité spatiale à courte distance. Elle peut être liée à l'emplacement des nids ou à la proximité d'une ressource qui intensifie l'activité de fourragement (cochenilles, en particulier *Coccus viridis* sur les caféiers).

Dans les 8 caféries étudiées, l'expression de l'envahisseur prend, soit la forme d'une dominance absolue excluant de la station envahie pratiquement toute autre espèce de fourmi ; soit celle d'une présence modérée dont l'accroissement, sur la station forestière suivie, semble traduire une invasion progressive du milieu ; soit encore la forme d'apparitions sporadiques, sans lendemains, c'est-à-dire (pour le moment) sans établissement de populations stables.

Ni les conditions de températures, ni les pluviométries seules ne peuvent expliquer les différences considérables constatées entre les stations dans l'expression de *Wasmannia*. Bien que le nombre de stations suivies ne permette pas de le démontrer, il semble que sur un terrain en pente que l'eau ne peut envahir, dans des conditions de pluviométrie variées (Ema, Sarraméa, Mt Mou) l'expression de l'envahisseur soit plus forte que sur terrain plat quand la pluviométrie forte (parfois brutale) entraîne temporairement la submersion et le bouleversement de la litière et du bois mort au sol, qui abritent les nids de *Wasmannia* (Canala, NS à Nessadiou). La présence d'abris permanents constitués par les nombreuses roches et pierres de toutes tailles (Ema, Sarraméa, Mt Mou) peut sans doute compenser l'instabilité des abris qu'offre la litière.

Mais cette hypothèse simple n'est pas entièrement satisfaisante car Paouta, qui est située sur un terrain plat présentant peu de pierres pouvant servir d'abris permanents, est fortement envahie, tandis que Nessadiou (NE) est quasiment exempte de *Wasmannia* aujourd'hui – mais elle était fortement envahie voici quelques années. Le rôle dans la perturbation des nids de *Wasmannia* qu'y joueraient des volailles en semi-liberté qui grattent activement la litière est très hypothétique, mais il attire encore l'attention sur la notion de stabilité des milieux de nidification. Quoiqu'il en soit, les différences pluviométriques moyennes (abondance et fréquence) entre Nessadiou et Paouta semblent insuffisantes pour expliquer les différences de niveau d'invasion observées pendant l'étude. Reste à préciser le rôle que peuvent jouer des phénomènes rares mais extrêmes dans la stabilité de la litière et des nids qu'elle abrite.

La perturbation forte de la guilda des fourmis par l'arrivée de l'envahisseur est bien confirmée, ainsi que la capacité de *Wasmannia* à exclure toute autre espèce dès que ses propres populations atteignent un certain niveau. Il se confirme aussi une antinomie entre les *Pheidole* (plus particulièrement *Pheidole megacephala*) et *Wasmannia*. *P. megacephala* manifeste la capacité de disputer à *Wasmannia* l'espace et la ressource, et cela de façon stable dans le temps. Cette capacité suffirait à expliquer l'exclusion de

Wasmannia à Canala et à Touaourou où dominant les Pheidole. Cette situation est très apparente sur la station de Bangou (voir 2^{ème} partie de ce rapport).

2 - RAPPEL DES CONNAISSANCES ACQUISES EN MILIEU NATUREL

2.1 - Matériel et méthodes

2.1.1 - Etude au sol

Matériel et techniques utilisés

Il s'agit des pièges de Barber qui ont été décrits au § 1.1, chaque piège restant en place pendant une semaine. Les analyses des peuplements portent sur l'indice de fourragement, défini comme le nombre d'individus capturés par espèce, par piège et par jour.

Stations et conditions de l'étude

Milieus sclérophylle. Les connaissances disponibles sur l'expression de *Wasmannia auropunctata* en milieu sclérophylle ont été acquises au cours d'une évaluation du rôle des feux de brousse dans l'établissement et la progression de cette fourmi pionnière. Cette étude des communautés de fourmis de la forêt sclérophylle et de ses formes d'altération par le feu a été menée sur la presqu'île de Pindaï de mars à juin 1995 (Jourdan & Chazeau, 1997). Huit types de végétations ont été distingués : fourré anthropique, forêt sclérophylle, gaïacs (*Acacia spirorbis*) régénérés jeunes (2 ans), gaïacs régénérés moyens (3 ans), gaïacs régénérés anciens (5 ans et plus), fourré à bois de fer *Casuarina collina*, savane arborée à niaoulis (*Melaleuca quinquenervia*), savane herbeuse. Leur altitude varie entre 20 et 40 m. Un réseau comprenant au total 157 pièges de Barber a été établi dans ces milieux.

Maquis ligno-herbacé et forêts dense humide sur sols ultrabasiques. Leur étude a été menée en 1994-95 au cours d'un travail de thèse (Jourdan, 1999). Les stations sont situées au Monts Koghis, entre 370 et 390 m. Les Cypéracés hautes associées à des ptéridophytes (*Pteridium* sp) dominant ce maquis où la richesse floristique est proche de 70 espèces. La canopée forestière ne dépasse pas 25 m et la richesse floristique avoisine les 300 espèces, avec dominance des Myrtacées.

En forêt, la grille d'échantillonnage comprend 4 rangées de 11 pièges selon une maille de 4 m (12 m x 40 m soit 480 m²). Les prélèvements sont saisonniers (trimestriels). On dispose donc de 176 prélèvements par station. En maquis, pour des raisons de terrain, le dispositif comprend 4 lignes parallèles de 15 pièges distants de 4 mètres couvrant environ 672 m² (56 m x 12 m). Pour cet habitat, on dispose au total de 240 relevés

2.1.2 - Etude en canopée

Matériel et techniques utilisés

La faune arthropode de la canopée, qui n'est pas directement accessible, a été étudiée par des méthodes de thémonébulisation (« fogging »). Un thémonébuliseur est un réacteur portable est utilisé pour générer un brouillard toxique à effet de choc, à partir d'un mélange de Cyfluthrine et d'un agent véhiculant dilués dans de l'eau (MaxifogTM) injecté dans le réacteur. La faible hauteur de la canopée dans la forêt sclérophylle (8 à 12 m) permet d'opérer depuis le sol. Il faut opérer par un jour sans pluie, afin que les spécimens n'adhèrent pas aux feuilles ou aux branches mouillées, et sans vent, afin que

le brouillard ne soit pas dispersé trop vite.

Les collecteurs sont des bâches plastiques carrées (1m x 1m). Les arthropodes tombés dans une période de 2 h après le fogging sont collectés par un lavage à l'eau additionnée d'un mouillant, suivi d'une double filtration et conservés dans de l'éthanol à 95%.

La faune arthropode de la canopée a été échantillonnée sur 30 x 1 m² par parcelle étudiée. Les unités d'échantillonnage sont groupées en 3 placettes voisines de 10 x 1 m² chacune, selon une méthode standardisée.

Stations et conditions de l'étude

- Forêt sclérophylle : les données ont été acquises dans la relique forestière sclérophylle de Pindaï, au cours de l'étude sur l'envahissement de la presqu'île qui a été exposée en 2.1.1.
- Forêts dense humide sur sols ultrabasiques : les données ont été acquises dans la station forestière des Monts Koghis, mentionnée aussi en 2.1.1..

2.2 – Résultats et discussion

Les indices de fourragement observés en 1994 et 1995 sont résumés dans le tableau 4.

Tableau 4. Indices de fourragement observés dans différents milieux naturels néo-calédoniens (d'après Jourdan, 1999).

	Novembre 1994	Janvier 1995	Avril 1995	Juillet 1995
Forêt sclérophylle	516,4	3019,6	3209,7	2157,7
Maquis minier	22,8	84,2	3,0	27,7
Forêt dense humide sur ultrabasique	4,4	17,0	1,3	1,3

2.2.1 - Milieux sclérophylles

Etude au sol

Les espèces recensées sont au nombre de 6, dont *W. auropunctata*. La dominance de *W. auropunctata* est écrasante dans la forêt sclérophylle envahie et les autres espèces ne sont capturées que très rarement (16 spécimen sur 2719851). L'indice de fourragement dépasse 3000 i/pièg/j entre janvier et avril. Parmi les 5 espèces qui cohabitent, *Ochetellus glaber* et *Tapinoma cf. minutum* sont natives. Toutes sont de petite taille (voisine de *Wasmannia*) et leurs ouvrières semblent plus rapides que la fourmi électrique. *O. glaber* ne semble pas affectée par l'envahisseur. Les fluctuations saisonnières d'abondance sont fortes, avec maximum en janvier et avril, minimum en novembre. Le maximum d'abondance correspond à un maximum de pluviométrie et de température.

W. auropunctata est absente des milieux les plus dégradés par le feu (savane à niaoulis et savane herbeuse) et elle ne colonise pas préférentiellement les milieux les plus récemment dégradés, où d'autres espèces de fourmis introduites sont plus performantes.

Wasmannia s'observe surtout dans les milieux les plus évolués de la chronoséquence après feu (fourré de plus de 5 ans et forêt sclérophylle) ou dans des fourrés envahis par faux mimosa et lantana.

Les facteurs qui restreignent l'extension de *Wasmannia* dans le domaine sclérophylle de Pindaï semblent être les conditions d'aridité et la rareté de sites propices à la nidification, et non la compétition interspécifique dans la guildes des fourmis. Son implantation en forêt semble ne devoir être attribuée qu'aux hasards de l'action anthropique (travaux publics, plantations). Sa progression a été indécélable sur une période de 2 ans et de modestes barrières (route ou piste) semblent opposer des obstacles efficaces à son extension dans ces milieux secs, auxquels d'autres espèces sont mieux adaptées (Jourdan & Chazeau, 1997)

Etude en canopée

Comme au sol, la myrmécfaune est très nettement dominée par *Wasmannia* (84% des spécimens récoltés). Six espèces, dont 3 natives, coexistent avec la fourmi électrique : *Ochetellus glaber*, *Tapinoma cf. minutum*, *Camponotus sp.*, *Monomorium floricola*, *Cardiocondyla emeryi* et *Paratrechina minutula*. *O. glaber* semble, ici encore, peu affectée par l'envahisseur. Il apparaît aussi que la pression de *Wasmannia* est moins forte en canopée qu'au sol et que cette espèce est surtout terricole. On observe aussi que 18 espèces existent dans les canopées non envahies. La présence de l'envahisseur s'accompagne donc d'une diminution spectaculaire de la diversité spécifique dans la guildes (Jourdan, 1999).

2.2.2 - Milieux ultrabasiques

Etude au sol

En forêt dense humide envahie, on a observé 29 espèces, dont *Wasmannia auropunctata* qui représente 95% des effectifs de la myrmécfaune et domine la communauté des fourmis en toute saison quand elle est présente. Les indices de fourrage restent cependant modérés, ne dépassant pas 17 i/piège/j. Sept espèces sont introduites. *Brachymyrmex obscurior* et *Solenopsis papuana* sont les plus abondantes, après la fourmi électrique. Seule *S. papuana* croît en abondance en présence de l'envahisseur. Les fluctuations saisonnières des populations sont fortes. Les maxima sont observés en novembre et janvier, les minima en avril et juillet avec une chute de 90%. Les effectifs sont au minimum lorsque les températures sont les plus fortes et les pluviométries sont les plus faibles.

En maquis ligno-herbacé envahi, 18 espèces coexistent avec *W. auropunctata* dont les effectifs constituent 98,9% de la myrmécfaune. Les indices de fourrage sont plus élevés qu'en forêt, dépassant 84 i/piège/j. Les espèces les moins rares sont *Solenopsis papuana*, *Brachymyrmex obscurior* et *Pheidole sp.* Les abondances de la myrmécfaune sont au maximum en janvier (début de saison chaude et humide) et les minima observés pour la fourmi électrique en avril (pluviométrie et chaleur maximales) ont été très marqués (réduction de 97%). Le minimum pour le reste de la myrmécfaune correspond à la fin de l'intersaison sèche et chaude (novembre). L'impact relatif de *Wasmannia* sur la myrmécfaune au sol apparaît moins sensible en maquis qu'en forêt, peut-être parce que le maquis est déjà une forme d'altération et que les myrmécfaunes sont très sensibles à ces dégradations de la qualité des milieux (Jourdan, 1999).

Etude en canopée

W. auropunctata coexiste avec 19 espèces de fourmis. Elle en modifie peu la

myrmécofaune (22 espèces sont observées en canopée non envahie) et elle n'est plus la seule dominante (18,6% des effectifs récoltés). Les espèces co-dominantes sont *Paratrechina foreli* et *Pheidole sp.* (respectivement 23% et 20,2 % de la communauté). On observe seulement 3 espèces introduites. La pression de *W. auropuntata* en canopée dense humide sur substrat ultrabasique apparaît donc assez faible, ce qui confirme le caractère préférentiellement terricole de l'envahisseur (Jourdan, 1999).

2.4. Conclusion

L'expression de *Wasmannia* montre toujours une variabilité saisonnière mais les pics d'abondance et les minima diffèrent selon le milieu. En forêt sclérophylle, le maximum d'abondance correspond aux maxima de pluviométrie et température ; en forêt dense humide sur ultrabasique, les minima correspondent aux températures les plus fortes, qui ont coïncidé avec les plus faibles pluviométries pendant l'étude ; en maquis minier, les minima d'abondance correspondent aux maxima de températures et d'humidité. Il serait à vérifier si ces observations traduisent une constante du cycle de *Wasmannia* ou simplement une particularité de l'année ou des sites d'étude.

Les effectifs de *Wasmannia* en forêt sèche sont impressionnants et sa dominance est écrasante : il ne reste que 5 espèces, dont 3 introduites, face à l'envahisseur. Son expression en maquis minier est beaucoup plus modérée, quoique bien marquée et l'envahisseur reste toujours discret en forêt dense, où la faune des fourmis qui coexistent avec *Wasmannia* (29 espèces) compte une minorité d'introduites (7). Il y a donc une différence très marquée entre ces 2 milieux forestiers, ce qui pose la question des facteurs du médiocre succès de *Wasmannia* dans les forêts denses humides (ce phénomène ayant aussi été remarqué à Rivière Bleue).

3 - LES MODALITES DE L'EXPRESSION DE *WASMANNIA* : CONCLUSIONS

La correspondance entre le cycle de *Wasmannia* et le cycle annuel des températures et des pluviométries n'est pas absolument constante, mais il est clair que la saison fraîche (généralement la plus sèche) correspond à un minimum tandis que les maxima sont observés entre janvier et avril. La sécheresse plus ou moins marquée, suivant les années et suivant les localités, peut expliquer les fluctuations en fin d'année, quand les températures remontent régulièrement, ce qui n'est pas le cas de la pluviométrie. Des précipitations abondantes en saison chaude peuvent, à l'inverse, nuire aux populations de *Wasmannia* dans certaines stations.

Les causes des très grandes différences de son succès colonisateur dans différents milieux sont complexes. Aucun facteur isolé ne l'explique. Dans les milieux simplifiés que sont les caféries, les deux facteurs qui se dégagent sont la stabilité de la zone de nidification (ce qui implique des zones où l'eau ne stagne pas ou que l'eau ne balaie pas) et l'antagonisme avec certaines espèces comme *Pheidole megacephala*. La moindre sensibilité à l'invasion des forêts denses humides, par opposition aux forêts sèches et aux milieux anthropisés, pose de nombreuses questions. Les résoudre permettra certainement d'avancer dans la compréhension du succès ou de l'échec de l'envahisseur.

Enfin, le rôle de l'homme comme vecteur de l'envahisseur dans des milieux isolés est encore vérifié. C'est là un facteur sur lequel il serait possible d'intervenir, car des milieux indemnes existent encore en Nouvelle-Calédonie et mériteraient de le rester.

II - Contrôle de *Wasmannia auropunctata*

1 – TECHNIQUES UTILISEES HORS DE NOUVELLE-CALEDONIE

La Nouvelle-Calédonie n'est pas le seul territoire à souffrir de l'invasion de *Wasmannia auropunctata*. Dans le Pacifique, l'archipel des Galápagos, les Iles Salomon, Wallis, les Iles Banks au nord du Vanuatu et récemment Hawaï ont successivement été infestés, Dans sa zone d'origine même (Amérique tropicale), *Wasmannia* peut proliférer en milieu perturbé, en particulier dans les zones mises en culture (Delabie, 1988). Sa présence et les nuisances induites sont très généralement déplorées et combattues, même si on connaît une référence à l'action positive de cette fourmi contre des ravageurs des cultures et à son utilisation active par les agriculteurs (lutte contre les Mirides des cacaoyers au Cameroun : De Miré, 1969).

Au Brésil, *Wasmannia auropunctata* est une nuisance sérieuse dans certaines cacaoyères. Parallèlement aux pulvérisations d'insecticide, une méthode de contrôle de sa présence sur les plants utilise des anneaux de glu, avec une certaine efficacité (Delabie, 1989).

L'invasion de l'archipel des Galápagos (vers la fin des années 60 ?) et les tentatives d'éradication qui ont suivi sa détection dans cette zone permettent de faire le point sur l'efficacité des moyens mécaniques et chimiques utilisés pour lutter contre cette peste. L'archipel est en effet particulièrement étudié en raison de la valeur patrimoniale des biotopes et de leur place dans l'histoire des sciences biologiques. Sur l'île de Santa-Fé un programme de lutte intensif visant à l'éradication a été conduit en 1975 et 1976, incluant l'arrachage de la strate herbacée, le retournement des pierres susceptibles d'abriter des nids, le brûlage de la zone et des traitements à base de pyréthrinés et de DDT. Ces méthodes particulièrement énergiques se sont cependant avérées inefficaces, puisque *Wasmannia* était de nouveau détectée 6 ans plus tard. (Abedrabbo, 1994).

Aux Iles Banks (Vanuatu), envahies vers 1995 (?), les faibles revenus des populations n'ont pas permis l'usage d'insecticides. Les habitants des zones envahies ont tenté de brûler les fourmis, de les ébouillanter, de protéger les abords des habitations en aspergeant d'huile de vidange ou de pétrole, parfois de les appâter pour en détruire de plus grands nombres par l'une ou l'autre de ces méthodes. Comme on peut s'y attendre quand on connaît l'échec des actions brutales menées sur Santa-Fé, ces mesures « de fortune » n'ont pas permis un contrôle efficace et les zones ainsi traitées ont été très rapidement réenvahies (Tumukon, 1999 ; Chazeau & Bonnet de Larbogne, 1999).

2 - ESSAIS ANTERIEURS EN NOUVELLE-CALEDONIE

Le brûlis a été fortement déconseillé en Nouvelle-Calédonie, mais quelques tentatives de lutte par traitement du sol au DiazinonTM ont été faites par (ou en liaison avec) la Direction de l'Economie Rurale (R. Amice, com. pers.). Les zones traitées ont toujours été réenvahies rapidement et les insecticides de contact ne sont utilisés qu'occasionnellement contre cette peste sur les cultures.

Une méthode pragmatique assez simple, ciblée sur le blocage de l'accès des *Wasmannia* au feuillage des caféiers, a été préconisée par Cochereau & Potiaroa (1994). Elle a donc été comparée aux traitements à l'AmdroTM dans le cours de cette étude et sa description est donnée en 3.1.3.

3 - ESSAIS D'EMPOISONNEMENT DES COLONIES

Un contrôle efficace de populations de fourmis (quel que soit l'envahisseur) n'est jamais obtenu par l'usage d'insecticides de contact. La raison tient à l'organisation sociale des fourmis : les femelles fertiles (les « reines ») pondent à l'abri dans le nid pendant que les fourrageurs (les « ouvrières ») prennent tous les risques à l'extérieur. Tuer beaucoup de fourrageurs ne signifie pas les tuer tous, et encore moins atteindre dans les nids les reines et le couvain. Cela explique pourquoi la pulvérisation d'insecticides de contact pour lutter contre ces pestes ne peut procurer au mieux qu'un bref répit.

Contrôler la situation implique l'empoisonnement des sexués et des larves, ce qui nécessite l'usage d'appâts empoisonnés que les fourrageurs ramèneront au nid avant d'être tués par son ingestion. La nécessité de leur collaboration active explique pourquoi il ne faut jamais utiliser simultanément insecticides de contact et appâts empoisonnés.

Les espèces polygynes comme *Wasmannia auropunctata* sont plus difficiles à contrôler que les espèces monogynes. En outre, aucun appât n'a été spécialement mis au point contre *Wasmannia*. On en est donc réduit à tenter d'utiliser des produits ciblés contre d'autres espèces.

3.1. Matériel et méthodes

3.1.1 – Matériel

L'échantillonnage s'est fait au moyen de pièges de Barber, qui sont décrits et discutés au § 1.1.1 de l'étude de l'expression de *Wasmannia* en caférie (1^{ère} partie de ce rapport).

3.1.2 - Stations retenues et conditions de l'échantillonnage

L'étude s'est effectuée dans une caférie située dans la tribu de Bangou (Côte Ouest, Province Sud, Commune de Païta) entre avril 1998 et mai 1999. Cette caférie est représentative des petites parcelles cultivées en café en milieu mélanésien. Au début de l'étude, la récolte du café était pratiquement délaissée du fait de la nuisance causée par *Wasmannia* et la caférie était envahie par des adventices (surtout des graminées) de taille supérieure à 1 m. Une bonne approximation de la pluviométrie de la station de Bangou est donnée par la station du Mt Mou (F. Pellegrin, com. pers.) qui figure en Annexe 3.

Trois blocs de 3 placettes de 7 x 7 m ont été délimités dans la parcelle et leurs coins repérés par des piquets numérotés. Les blocs ont été nommés A, B et C. Les placettes de chaque bloc ont été respectivement nommées A1, A2, A3 ; B1, B2, B3 ; C1, C2, C3

La distance entre les placettes varie entre 3 et 5 m, la taille modeste de la parcelle ne permettant pas un espacement supérieur. Les placettes servant à l'étude ont été débroussaillées et entretenues pendant toute la durée de l'expérimentation, le reste de la caférie restant en l'état.

Sur une diagonale de chaque placette, 2 pièges de Barber distants d'environ 5 m ont été installés tous les 2 mois et relevés après une semaine. Les emplacements de ces pièges, fixes pendant toute l'étude, ont été repérés par des piquets numérotés (A11, A12, A21, A22, A31, A32, ...etc... C31, C32).

Un échantillonnage préliminaire a montré que les placettes voisines A1 et C3 étaient occupées par *Pheidole megacephala*, dont l'activité antagoniste de celle de *Wasmannia auropunctata* est assez souvent remarquée. Ces placettes ont donc été exemptes de traitement, mais elles ont fait l'objet d'un suivi identique à celui des placettes traitées.

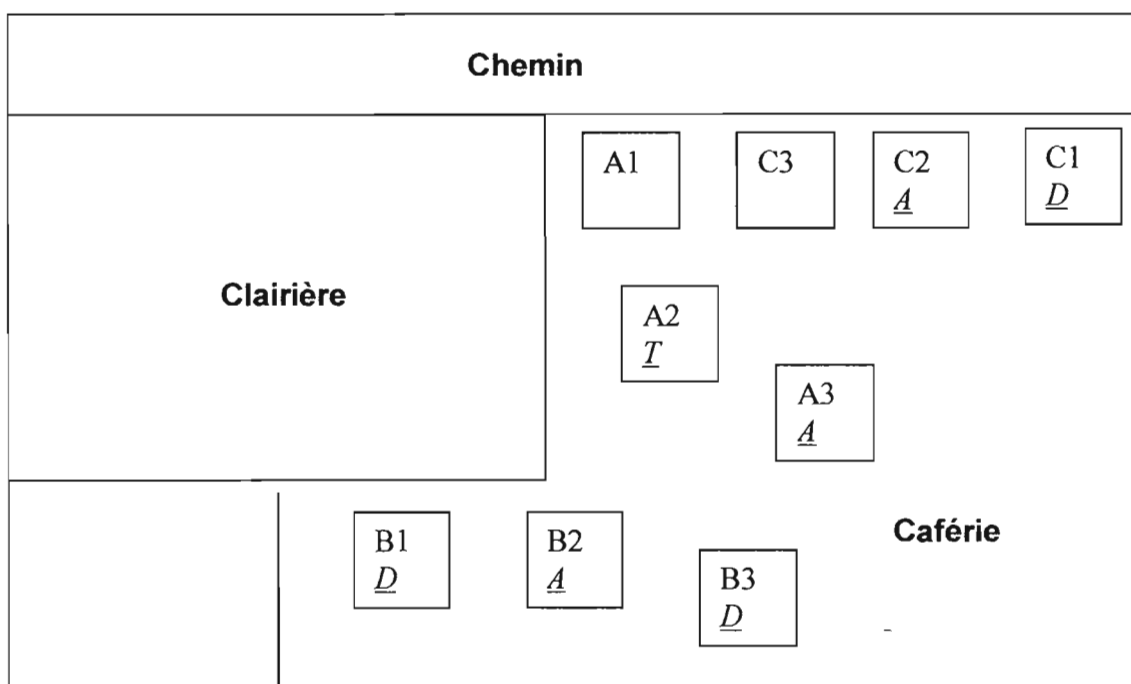
Outre *P. megacephala*, très dominante, on a observé la présence de *Brachymyrmex obscurior* et de rares individus de *Cardiocondyla nuda* et de *Paratrechina sp.* Toutes ces espèces sont des « tramp », espèces vagabondes, pionnières, introduites.

Seule la placette A2, dominée par *Wasmannia*, a servi de témoin pour l'évolution des populations de l'envahisseur. Les 6 autres placettes dominées par l'envahisseur ont été traitées au Diazinon et à l'Amdro.

Neuf campagnes d'échantillonnage ont été faites à raison de 18 échantillons par campagne, soit un total de 162 échantillons.

La figure 5 schématise l'implantation des placettes et le dispositif de traitement.

Figure 5. Schéma d'implantation des blocs pour les essais de traitements dans la caférie de Bangou. Traitement des placettes : A = Amdro, D = Diazinon, T = Témoin.



3.1.3 – Traitements insecticides

Deux types de traitements ont été effectués sur les placettes :

- soit mise en place autour du tronc, à 20-40 cm du sol, d'un lien en chiffon saturé d'huile de coco additionnée de Diazinon, à raison de 25 ml de Diazinon à 20% de matière active par litre d'huile (Diazinon 20P – Greenseal (NZ) Ltd) ; le chiffon est réimbibé à saturation tous les 2 mois et l'huile est badigeonnée sur une largeur d'environ 10 cm autour du chiffon, qui limite le lessivage par la pluie ;
- soit dépôt tous les 2 mois, au pied de chaque caféier, de granulés d'Amdro (Hydramethylon à 7,3 g/kg sur support de maïs concassé ; attratif : huile de soja) à raison de 16 g par placette de 7 x 7 m (environ 50 ml de granulés) ; cette dose est un peu supérieure à la dose de 5 g pour 20 m² préconisée par le fabricant (Cyanamid Agriculture Pty) pour les traitements au sol contre les *Solenopsis*.

Le premier traitement, qui a pour but d'interdire l'accès des fourrageurs au feuillage des caféiers, a été utilisé par Cochereau & Potiaroa avec de bons résultats mais sans étude de l'impact sur l'évolution des peuplements de *Wasmannia* dans la caférie (Cochereau & Potiaroa, 1994).

Le second traitement, qui a pour but un empoisonnement sélectif des nids, a été testé avec succès en laboratoire (Williams & Whelan, 1992) et utilisé sur le terrain avec des résultats probants aux Galápagos (Abedrabbo, 1994).

Pour la présente étude, les traitements à l'Amdro et au Diazinon ont été appliqués une semaine avant la date du début de l'échantillonnage, soit 2 semaines avant la date du relevé des pièges qui figure dans le tableau donnant les indices de fourrage observés pendant l'étude (Tableau 5).

Le relevé du 17.04.1998, a été fait pour fournir le point zéro pour chaque placette de la station : il n'a donc pas été précédé d'un traitement. Le relevé du 26.05.1998 a constitué un contrôle intercalaire exceptionnel en début d'étude et, de même, il n'a pas été précédé d'un traitement.

3.1.4 – Traitement des échantillons, indices retenus et traitement des données

Les échantillons provenant des relevés de pièges sont lavés à l'éthanol et triés au laboratoire sous microscope binoculaire. Les *Wasmannia*, les autres Formicidae et les Aranea sont extraits pour dénombrement et identification ultérieures.

Pour uniformiser la présentation des données et pour faciliter les comparaisons avec les résultats des études antérieures (et particulièrement celles sur l'expression de *Wasmannia* qui sont exposées dans ce rapport), on utilise un indice de fourrage I_f égal au nombre d'ouvrières capturées par piège de Barber et par jour d'échantillonnage.

Les calculs statistiques ont été effectués sur un tableur (Excel 97) et avec le logiciel spécialisé Systat.

3.2. Résultats

Les résultats complets des captures de *Wasmannia* sont donnés en Annexe II.

Tableau 5. Indices de fourrage moyens observés pour *Wasmannia auropunctata* (nb.i/piège/j.) dans les placettes soumises aux 2 traitements insecticides et dans le témoin.

Date relevé	Témoin	Amdro	Diazinon
1998.04.17	172,43	480,36	413,02
1998.05.01	57,00	78,26	110,29
1998.05.26	13,21	21,05	11,88
1998.07.16	25,57	90,88	27,45
1998.09.21	50,14	133,02	157,36
1998.11.20	7,21	24,67	53,90
1999.01.12	30,43	92,26	38,26
1999.03.09	64,64	140,31	159,52
1999.05.12	89,21	216,90	119,26

Fig. 6 - *Wasmannia auropunctata* : évolution des indices de fourragement If

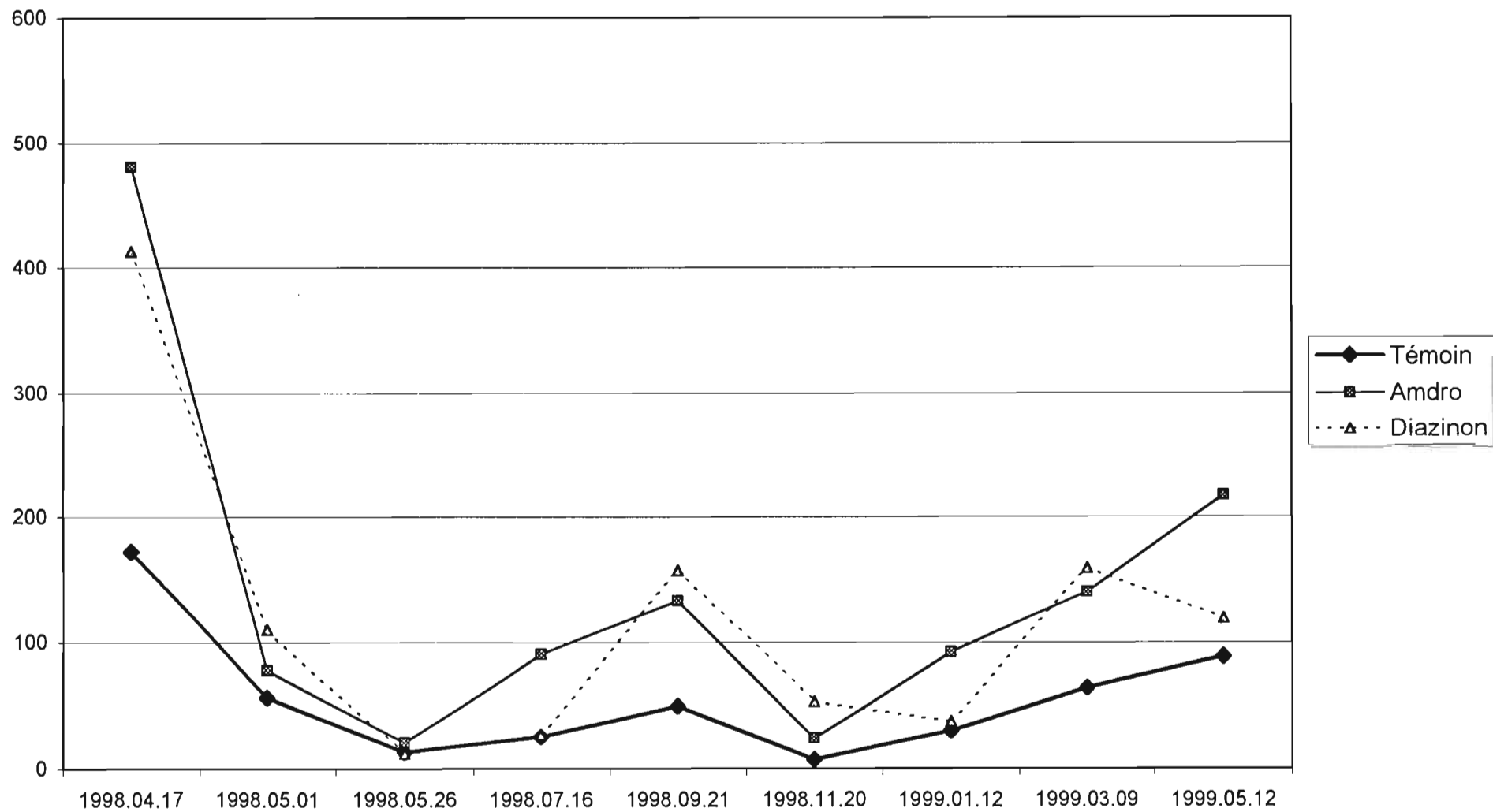
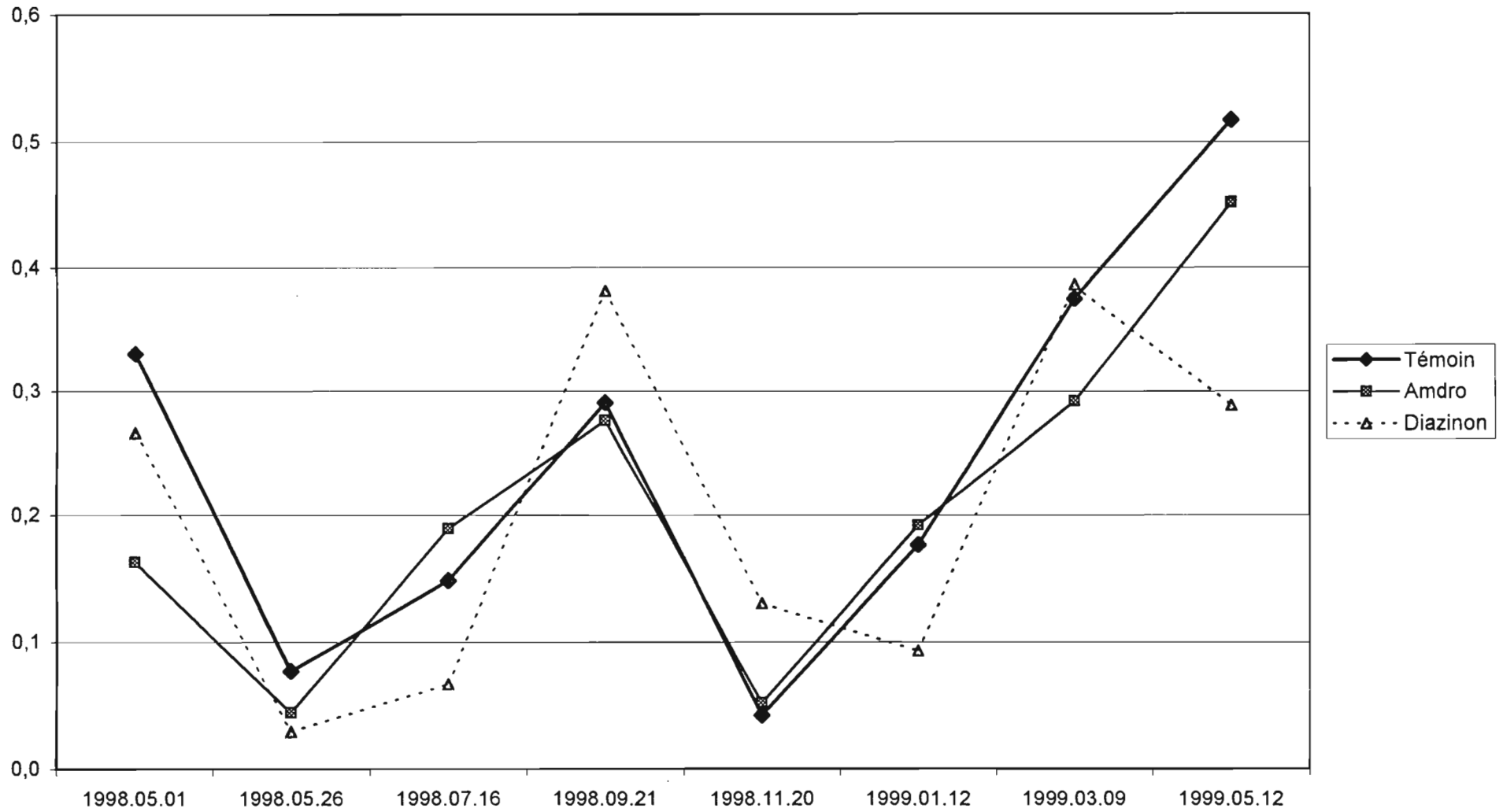


Fig. 7 - *Wasmannia auropunctata* : évolution des rapports If / If initial



3.2.1 - Abondances et saisonnalité

Les fluctuations d'abondances (traduites par les indices de fourrage I_f) mesurées par les pièges posés dans le témoin, les placettes traitées à l'Amdro et les placettes traitées au Diazinon, sont présentées dans la figure 6. Les indices de fourrage moyens sont présentés dans le tableau 5.

On observe de fortes différences liées à la saison, mais aussi à la placette ou à l'emplacement du piège. Cette hétérogénéité a dû être prise en compte pour la comparaison des abondances entre le témoin et les placettes traitées.

Les fluctuations saisonnières sont marquées : de 1 à 25 dans le témoin, 1 à 23 pour les placettes traitées à l'Amdro, 1 à 35 pour les parcelles traitées au Diazinon. Les pics d'abondance sont observés en avril 1998, septembre 1998 et entre mars et mai 1999 pour l'ensemble des pièges de la station. Les minima sont accusés en mai 1998 et entre novembre 1998 et le début de janvier 1999.

3.2.2 - Comparaison des traitements

La répartition très inégale de *Wasmannia* dans la caférie, couplée à la grande amplitude des variations saisonnières des populations, est susceptible de masquer l'effet des traitements et en complique l'analyse.

Pour pallier cette difficulté, on a calculé pour chaque période de relevé le rapport de l'indice de fourrage observé à l'indice de fourrage mesuré avant le début des traitements. Le calcul se fait sur la moyenne des indices fournis par les pièges dans les situations Amdro (A3, B2, C2), Diazinon (B1, B3, C1) et Témoin (A2).

Les résultats sont présentés dans le tableau 6. Une représentation graphique (fig. 7) souligne la similarité de l'évolution avec le temps des indices de peuplement relatifs ainsi pondérés.

Tableau 6. Indices de fourrage relatifs (rapports des indices de fourrage observés en cours d'étude aux indices observés avant traitement)

Date relevé	Témoin	Amdro	Diazinon
1998.05.01	0,33	0,16	0,27
1998.05.26	0,08	0,04	0,03
1998.07.16	0,15	0,19	0,07
1998.09.21	0,29	0,28	0,38
1998.11.20	0,04	0,05	0,13
1999.01.12	0,18	0,19	0,09
1999.03.09	0,37	0,29	0,39
1999.05.12	0,52	0,45	0,29

La comparaison de ces indices est faite par un test de Wilcoxon pour séries appariées (bien que la distribution des différences satisfasse aux tests de normalité, le faible nombre de données dans la série incite à ne pas utiliser un test paramétrique).

Il n'y a pas de différence significative entre les indices relatifs observés sur les placettes traitées à l'Amdro et sur les placettes traitées au Diazinon ($T^+ = 16$ $T^- = 20$, $T_{obs} = 16$,

supérieur à la valeur critique au seuil 0,01).

Il n'y a pas de différence significative entre les indices relatifs observés sur les placettes traitées à l'Amdro et sur le témoin ($T^+ = 10$, $T^- = 26$, $T_{obs} = 10$, supérieur à la valeur critique au seuil 0,01).

3.3. Discussion

L'examen des données de l'échantillonnage et les résultats des tests statistiques de comparaison nous ont tout d'abord laissés perplexes quant à la signification des évolutions constatées pour les indices de fourragement dans les parcelles traitées et dans le témoin.

La première hypothèse est que les traitements n'ont aucun résultat sensible sur les populations de *Wasmannia* qui exploitent les placettes traitées. Mais l'observation de l'effondrement brutal des indices après le premier traitement et l'évaluation des niveaux ultérieurs au cours du cycle annuel, toujours très inférieurs au niveau initial, permet une seconde hypothèse : compte tenu de la proximité des placettes (liée à la taille réduite de la caférie), cet effondrement général peut-il indiquer un empoisonnement de l'ensemble des fourmillières présentes sur la parcelle ?

En effet, si le Diazinon est un insecticide de contact dont l'effet à distance peut être immédiatement exclu, l'Amdro est un poison à action différée que les ouvrières rapportent au nid. La structure en réseau des nids de *Wasmannia*, due au mode de reproduction par bourgeonnement et à l'absence d'antagonisme intra-spécifique, pourraient donc permettre une diffusion de l'appât hors des limites des placettes traitées. Le sous-dosage du traitement (par rapport à la surface totale concernée) expliquerait alors les médiocres résultats d'ensemble, traduisant une pression insecticide détectable mais insuffisante.

La réponse nous est donnée par l'analyse de l'évolution des indices de fourragement sur les stations qui ont été suivies pendant la même période pour l'étude des facteurs de l'expression de l'envahisseur (1^{ère} partie de ce rapport). Pour les 2 autres stations de la Côte Ouest où *Wasmannia* exprime de fortes populations (Sarraméa et Paouta), la période de mars-avril 1998 a constitué un pic de pullulation qui n'a jamais été égalé dans l'année qui a suivi. L'effondrement des populations observé après le premier traitement à Bangou est donc une coïncidence : son déterminisme est simplement climatique.

3.4. Conclusion

Les résultats de cette étude indiquent que le contrôle des populations de *Wasmannia auropunctata* dans la caférie de Bangou n'a pas été obtenu par les méthodes de traitement mises en œuvre. Quand on tient compte de la variation saisonnière et de l'hétérogénéité spatiale, les placettes traitées à l'Amdro et au Diazinon ne montrent pas de différences significatives avec le témoin non traité.

L'absence de résultats probants pour le traitement au Diazinon ne surprend pas. La méthode vise à interdire aux fourrageurs l'accès au feuillage du caféier, non à les détruire. Cette limitation de l'accès aux ressources aurait pu se traduire par un effet dépressif sur les populations. Il est donc clair que l'opportunisme de *Wasmannia* lui permet de compenser cette perte, en utilisant la diversité des ressources disponibles dans ces caféries sous ombrage peu ou pas entretenues.

Le manque de résultats probants pour l'Amdro amène par contre à s'interroger, puisque le produit est efficace en conditions de laboratoire (Williams & Whelan, 1992) et qu'il a été utilisé sur le terrain aux Galápagos avec une conclusion optimiste (Abedrabbo, 1994). Ce sont ces résultats positifs qui nous ont amenés à entreprendre les tests d'empoisonnement en caférie.

Les causes de cet échec peuvent tenir à :

- des conditions climatiques défavorables, en particulier la pluviométrie forte de la localité de Bangou qui détruit rapidement les appâts empoisonnés (par opposition aux conditions sèches des Galápagos : Abedrabbo, 1994) ;
- une pression de traitement insuffisante compte tenu de ces conditions ;
- une inadaptation relative du produit à l'espèce cible *Wasmannia auropunctata*, liée à la granulométrie, et/ou au dosage de la matière active ; en effet, l'Amdro a été développé contre des espèces de taille beaucoup plus grande (*Solenopsis*, *Pheidole*) et cette inadaptation pourrait diminuer son efficacité en dehors des conditions optimum que sont les milieux artificiels ou les milieux naturels secs, où l'appât n'est pas très rapidement dégradé.

Conclusion générale et perspectives de contrôle

L'expression de la fourmi *Wasmannia auropunctata* en Nouvelle-Calédonie est très variable. En dehors des fluctuations de l'expression saisonnière observée partout (cycle de la faune), il existe de fortes différences dans l'intensité de l'invasion entre les stations étudiées. Ces différences ne semblent pas dépendre des paramètres climatiques moyens et ne sont pas simplement expliqués par l'occurrence de phénomènes extrêmes. Sur les stations envahies, il y a aussi une forte hétérogénéité à courte distance, plus facilement explicable par la proximité de nids ou de ressources exploitées.

A la suite de cette étude, on a donc peu de réponses formelles, mais la conviction que l'explication du succès de *Wasmannia auropunctata* en un lieu donné de la Nouvelle-Calédonie ne peut tenir qu'à la combinaison de plusieurs facteurs. Sur ce plan, on se voit amener à formuler des hypothèses, qui indiquent aussi des voies à préciser.

L'une de ces voies concerne les lieux de nidification et leur stabilité. Cette notion intègre : le couvert végétal, qui conditionne la disponibilité en litière et en bois mort, la nature du substrat (puisque les pierres sont des abris plus stables que les végétaux secs) ; les conditions de pluviométrie, avec sans doute une intervention des phénomènes extrêmes plus que des moyennes ; et la configuration générale du site qui conditionne la stabilité du milieu de nidification (la pente est à ce titre une bonne garantie contre la submersion prolongée des nids). La capacité à utiliser des nids endogés (jusqu'à 30 cm aux Galápagos : Abedrabbo, 1994), qui n'a pas été sérieusement suivie en Nouvelle-Calédonie, mérite aussi d'être précisée.

Plus généralement, cette notion complexe de nidification pourrait expliquer la moindre réussite de *Wasmannia* dans les forêts denses humides, où la litière est l'élément le plus instable d'un environnement caractérisé justement par sa stabilité (Jourdan, 1999). A ce niveau interviennent les stratégies de reproduction et les phénomènes de compétition avec les autres espèces de la guildes des fourmis, qui utilisent mieux que l'envahisseur le caractère stable du milieu et qui pourraient constituer une composante de ce phénomène

de résistance relative à l'invasion. La vulnérabilité supérieure des forêts sclérophylles, telle qu'observée à Pindaï (localité où les abris rocheux abondent), devra être vérifiée sur d'autres zones pour en préciser la réalité et les causes. Dans tous les cas, une étude fine des fronts d'invasion devrait apporter des réponses sur les éléments de l'environnement qui sont nécessaires au succès de l'invasion et sur les conditions de l'interférence avec la faune des fourmis en place (Joudan, 1999).

Wasmannia est capable d'exclure pratiquement toute fourmi en Nouvelle-Calédonie malgré sa petite taille et sa lenteur relative. Elle possède comme atouts un venin très puissant, ainsi qu'une capacité de recrutement exceptionnelle du fait de sa structure unicoloniale en nids diffus et de sa capacité d'extension par bourgeonnement des colonies, sans agressivité intra-spécifique. Dans les milieux anthropisés que sont les caféries, l'exclusion réciproque régulièrement vérifiée de *Wasmannia* et de certaines *Pheidole* (surtout – seulement ? - *P. megacephala*) est donc remarquée. On connaît la capacité des colonies bien établies de *P. megacephala* à mobiliser une caste de « soldats », ouvrières de grande taille, particulièrement puissantes et bien cuirassées, capables de détruire les fourrageurs de *W. auropunctata*. On ignore si d'autres *Pheidole* sont, dans certaines conditions de milieu, capables de bloquer *Wasmannia* de la même façon. Les conditions de la compétition dans la guilde des fourmis locales constituent donc aussi une voie à explorer.

Au plan du contrôle, l'Amdro ne s'est pas révélé aussi efficace que les essais aux Galápagos pouvaient le laisser espérer. On a évoqué 2 explications : la pluviométrie de la région des essais (pied du Mt Mou), qui dégrade très vite le produit ; et une relative inadaptation du produit lui-même, formulé pour des espèces de taille supérieure. Une diminution de la granulométrie est assez facile à réaliser de façon artisanale. Testé de façon empirique, le produit ainsi « reconditionné » a donné des résultats encourageants aux Iles Banks (Vanuatu) en conditions abritées (Chazeau & Bonnet de Larbogne, 1999). Il est projeté de tenter un essai en saison sèche en Nouvelle-Calédonie, avec une stratégie différente : au lieu d'un traitement étalé sur l'année, aux doses préconisées par le fabricant, le traitement serait intensif (traitement hebdomadaire ?) sur un temps court (6 semaines ?) et il serait appliqué sur des populations à leur minimum.

Le marché des insecticides ciblés contre les fourmis semble trop restreint (par comparaison avec le marché ouvert par le contrôle d'autres pestes) pour stimuler les grandes compagnies de pesticides et les inciter à développer de nouveaux produits contre les fourmis (Cherrett, 1994). *A fortiori* ne doit-on pas s'attendre à une mobilisation de l'industrie contre le problème posé par *Wasmannia auropunctata*, bien que l'invasion récente d'Hawaii puisse contribuer à une meilleure prise en compte de cette peste. Il faudra donc tenter d'utiliser les produits qui semblent avoir une certaine efficacité, en optimisant les conditions de leur mise en œuvre.

Les autres voies de contrôle relèvent plus de la lutte biologique que de la lutte chimique. L'utilisation d'homologues de l'hormone juvénile (Methoprene) doit encore prouver son intérêt sur le terrain, sur de longues périodes (Patterson, 1994 ; Ulloa-Chacon & Cherix, 1994). Les fourmis ont acquis, au cours de l'évolution vers la socialité, des caractéristiques qui protègent leurs agrégats contre les prédateurs et les parasites, car elles seraient sans cela des cibles très vulnérables. Les agents qui régulent les populations de *W. auropunctata* se trouvent bien sûr dans sa zone d'origine. Reste à savoir s'ils se révéleront exportables, car les études sur ce sujet sont très peu développées : seul un Eucharitidae *Orasema minutissima* Gahan est actuellement connu pour parasiter notre envahisseur (Heraty, 1994). Des contacts sont donc établis avec les

équipes sud-américaines susceptibles de développer dans cette voie des avancées dont la Nouvelle-Calédonie pourrait bénéficier.

On ne saurait conclure ce rapport sans évoquer un élément qui reste encore trop souvent négligé, sinon méconnu, après 30 ans de cohabitation locale avec la fourmi électrique : l'homme est le principal acteur de son déplacement. Puisqu'il existe encore en Nouvelle-Calédonie des zones qui ne sont pas envahies, tous les efforts devraient être faits pour ne pas l'y introduire.

Remerciements

Nos remerciements vont d'abord à nos collègues Phytopathologistes, qui nous ont introduits sur les caféries qu'ils étudiaient (programme *Hemileia vastatrix*) et qui nous ont très amicalement fait profiter de leur expérience, de nombreuses données et d'une partie de leur matériel d'acquisition des données météorologiques.

Nous remercions aussi chaleureusement, pour leur accueil et l'autorisation de travailler chez eux, Mr Ouerema et sa famille à Canala, Mr Nechero et sa famille à Ema, Mr Olero et sa famille à Sarraméa, les habitants de la tribu de Paouta, Mr Cazers ainsi que Mme Lacombe et ses neveux à Nessadiou, Mr Marcuzo au Mt Mou, Mr Kourevi et sa famille à Touaourou, Mr Cotin et sa famille à Bangou.

Références bibliographiques

- ABEDRABBO, S., 1994. - Control of the little fire ant *Wasmannia auropunctata*, on Santa Fe Island in the Galapagos Islands. In "*Exotic Ants: Biology Impact, and Control of Introduced Species*", Williams, D.F (Ed.), Westview Press, Boulder : 219-227.
- ANDERSEN, A.N., 1991. - Sampling communities of ground-foraging ants : pitfall catches compared with quadrat counts in an australian tropical savanna. *Australian Journal of Ecology*, 16 : 273-279.
- BRUNEAU DE MIRE, P., 1969. - Une fourmi utilisée au Cameroun dans la lutte contre les Mirides du cacaoyer, *Wasmannia auropunctata* (Roger). *Café, Cacao, Thé*, 13: 209-212.
- CHAZEAU, J., BONNET DE LARBOGNE, L., 1999. - The invasion of the little fire ant *Wasmannia auropunctata* in Vanuatu. Report to the Pacific Community. *IRD Nouméa, Nouvelle-Calédonie*, 10 p.
- CHERRETT, J.M., 1994. - Overview. 591-595. In "*Exotic Ants: Biology Impact, and Control of Introduced Species*", Williams, D.F (Ed.), Westview Press, Boulder :
- CLARK, D. B., GUAYASAMIN, C., PAZMINO, O., DONOSO, C., PAEZ DE VILLACIS, Y., 1982. - The tramp ant *Wasmannia auropunctata*: autecology and effects on ant diversity and distribution on Santa Cruz Island, Galapagos. *Biotropica*, 14 (3) : 196-207.
- COCHEREAU, P., POTIAROA, T., 1994. - Caféculture et *Wasmannia auropunctata*

(Hymenoptera, Formicidae) en Nouvelle-Calédonie. *Orstom, Nouméa, Nouvelle-Calédonie*, 20 p.

DELABIE, J., 1988. – Ocorrência de *Wasmannia auropunctata* (Roger, 1863) (Hymenoptera, Formicidae, Myrmicinae) em cacauais na Bahia, Brasil. *Revista Theobroma*, 18 (1) : 29-37.

DELABIE, J. 1989. Avaliação preliminar de técnica alternativa de controle da formiga « pixixica » *Wasmannia auropunctata* em cacauais. *Agrotropica.*, 1 (1) : 75-78.

HERATY, J.M., 1994. – Biology and importance of two Eucharitid parasites of *Wasmannia* and *Solenopsis*. In "*Exotic Ants: Biology Impact, and Control of Introduced Species*", Williams, D.F (Ed.), Westview Press, Boulder : 104-120.

JOURDAN, H., 1999. – Dynamique de la biodiversité de quelques écosystèmes terrestres néo-calédoniens sous l'effet de l'invasion de la fourmi peste *Wasmannia auropunctata* (Roger), 1863 (Hymenoptera : Formicidae). *Thèse de Doctorat, Université Paul-Sabatier, Toulouse*, 373 p., Annexes.

JOURDAN, H., BONNET DE LARBOGNE, L., POTIAROA, T., CHAZEAU, J., 1998. – Invasions biologiques : le cas de la « fourmi électrique » *Wasmannia auropunctata* en Nouvelle-Calédonie. *Colloque sur l'Environnement, Koné, Nouvelle-Calédonie, 29-31 juillet 1998*.

JOURDAN, H., CHAZEAU, J., 1997. - Feux de brousse et invasion des milieux du domaine sclérophylle par la fourmi pionnière *Wasmannia auropunctata*. *Nouméa, ORSTOM, Rapport de Convention CORDET « Impact des feux de brousse sur le milieu naturel en Nouvelle-Calédonie »*, 26 p.

MAJER, J.D., 1983. – Ants : bio-indicators of mine site rehabilitation, land use and land conservation. *Environmental Management*, 7 (4) : 375-383.

PATTERSON, R.S., 1994. - Biological control of introduced ant species. In "*Exotic Ants: Biology Impact, and Control of Introduced Species*", Williams, D.F (Ed.), Westview Press, Boulder : 293-308.

SOUTHWOOD, T.R.E., 1978. – Ecological methods with particular references to the study of insect populations. 2nd Edition. *Chapman & Hall, London*, 524 p.

TENNANT, L.E., 1994. - The ecology of *Wasmannia auropunctata* in primary tropical rainforest in Costa Rica and Panama. In "*Exotic Ants: Biology Impact, and Control of Introduced Species*", Williams, D.F (Ed.), Westview Press, Boulder : 80-90.

TUMUKON, T. 1999. - Report on ant incursion on Vanua lava, Torba Province. *Unpublished report, Vanuatu Quarantine & Inspection Service (VQIS) Department, Port-Vila, January 1999*, 3 p.

ULLOA-CHACON, P., CHERIX, D., 1994. - Perspectives on control of the little fire ant (*Wasmannia auropunctata*) on the Galapagos Islands (Ecuador). In "*Exotic Ants: Biology Impact, and Control of Introduced Species*", Williams, D.F. (Ed.), Westview Press, Boulder : 63-72.

WILLIAMS, D.F., WHELAN, P.M., 1992. - Bait attraction of the introduced pest ant *Wasmannia auropunctata* (Hymenoptera : Formicidae) in the Galapagos Islands. *Journal of Entomological Scienc*, 27(1): 29-34.

Annexes

ANNEXE I - EXPRESSION DE *WASMANNIA AUROPUNCTATA*

Annexe I – 1.

Résumé des paramètres climatiques moyens sur l'ensemble des stations pour 6 campagnes d'échantillonnage (bimestres précédant les relevés).

Annexe I – 2.

Expression de *Wasmannia auropunctata* pour l'ensemble des pièges et l'ensemble des campagnes d'échantillonnage. Captures aux pièges de Barber : *Wasmannia auropunctata*.

Annexe I – 3.

Expression de *Wasmannia auropunctata* pour l'ensemble des pièges et l'ensemble des campagnes d'échantillonnage. Captures aux pièges de Barber : autres Formicidae.

Annexe I – 4.

Expression de *Wasmannia auropunctata*. Statistiques descriptives.

Annexe I – 5.

Expression de *Wasmannia auropunctata*. Résultats de l'analyse factorielle des correspondances

Annexe I – 1

Résumé des paramètres climatiques moyens sur l'ensemble des stations pour 6 campagnes d'échantillonnage (bimestres précédant les relevés)

Canala	Mars 1998	Mai 1998	Juillet 1998	Septem 1998	Novem 1998	Janvier 1999	Moyenne
Pluie(1/10mm)	7,9	10,0	6,1	42,5	33,9	5,6	17,7
T°moy(1/10°C)	226	236	208	203	225	245	224
T°max(1/10°C)	267	252	222	219	244	262	244
T°min(1/10°C)	201	223	196	190	210	231	209
Lum(w/cm ²)	96,0	90,4	34,4	44,0	75,5	67,7	68,0
Pf20cm	3,16	2,98	3,02	3,14	3,04	2,68	3,00
Pf40cm	3,11	2,96	3,01	3,10	3,05	2,65	2,98
Temps Rosée	74,6	75,6	82,6	81,9	75,5	178,0	94,7

Ema	Mars 1998	Mai 1998	Juillet 1998	Septem 1998	Novem 1998	Janvier 1999	Moyenne
Pluie(1/10mm)	5,4	10,0	3,1	3,6	7,3	4,4	5,6
T°moy(1/10°C)	234	232	198	192	220	217	215
T°max(1/10°C)	250	247	211	205	240	231	230
T°min(1/10°C)	220	220	189	183	206	209	204
Lum(w/cm ²)	51,0	51,6	29,0	45,2	56,5	71,5	50,8
Pf20cm	3,00	2,97	2,80	2,76	2,81	2,96	2,88
Pf40cm	3,06	2,99	2,80	2,79	2,94	2,78	2,89
Temps Rosée	52,3	67,7	48,6	45,8	49,7	56,0	53,4

Mt Mou	Mars 1998	Mai 1998	Juillet 1998	Septem 1998	Novem 1998	Janvier 1999	Moyenne
Pluie(1/10mm)	3,8	5,5	7,8	6,5	6,3	7,3	6,2
T°moy(1/10°C)	238	230	192	185	205	218	211
T°max(1/10°C)	254	244	204	197	220	231	225
T°min(1/10°C)	227	219	183	175	196	209	202
Lum(w/cm ²)	47,5	48,9	20,5	24,8	36,0	35,5	35,5
Pf20cm	3,29	3,14	3,31	3,35	3,35	3,15	3,26
Pf40cm	3,30	3,14	3,31	3,35	3,35	3,15	3,27
Temps Rosée	22,7	38,0	36,6	33,7	23,6	119,1	45,6

Nessadiou	Mars 1998	Mai 1998	Juillet 1998	Septem 1998	Novem 1998	Janvier 1999	Moyenne
Pluie(1/10mm)	7,5	12,2	2,8	3,1	0,9	0,1	4,4
T°moy(1/10°C)	256	242	205	203	226	240	229
T°max(1/10°C)	273	256	219	218	243	255	244
T°min(1/10°C)	243	232	194	191	213	229	217
Lum(w/cm ²)	103,6	70,0	44,4	54,9	88,4	86,4	74,6
Pf20cm	3,30	2,86	2,81	3,02	3,37	2,71	3,01
Pf40cm	3,30	2,89	2,82	3,06	3,32	2,74	3,02
Temps Rosée	21,3	55,1	61,4	47,9	47,5	188,9	70,4

Annexe I – 1

Résumé des paramètres climatiques moyens sur l'ensemble des stations pour 6 campagnes d'échantillonnage (bimestres précédant les relevés) (suite)

Paouta	Mars 1998	Mai 1998	Juillet 1998	Septem 1998	Novem 1998	Janvier 1999	Moyenne
Pluie(1/10mm)	3,3	4,8	3,1	1,6	2,5	3,6	3,2
T°moy(1/10°C)	250	237	199	215	244	334	247
T°max(1/10°C)	270	254	216	237	268	354	266
T°min(1/10°C)	236	226	188	201	224	320	232
Lum(w/cm ²)	118,8	68,7	35,8	49,8	109,5	99,7	80,4
Pf20cm	3,03	2,85	2,81	3,05	3,05	2,80	2,93
Pf40cm	2,91	2,87	2,82	3,07	3,07	2,87	2,93
Temps Rosée	45,3	59,8	67,9	60,0	56,7	68,3	59,7

Sarraméa	Mars 1998	Mai 1998	Juillet 1998	Septem 1998	Novem 1998	Janvier 1999	Moyenne
Pluie(1/10mm)	3,7	8,6	5,2	3,3	4,3	4,4	4,9
T°moy(1/10°C)	247	235	198	196	217	234	221
T°max(1/10°C)	268	253	216	218	240	254	241
T°min(1/10°C)	231	223	187	183	202	220	207
Lum(w/cm ²)	19,5	18,3	15,0	16,0	21,4	20,9	18,5
Pf20cm	3,19	2,93	2,82	3,09	3,10	2,54	2,94
Pf40cm	3,24	2,90	2,79	3,11	3,12	2,58	2,96
Temps Rosée	38,9	66,5	74,4	59,4	62,3	252,5	92,3

Touaourou	Mars 1998	Mai 1998	Juillet 1998	Septem 1998	Novem 1998	Janvier 1999	Moyenne
Pluie(1/10mm)	9,7	14,4	6,8	5,0	9,5	7,0	7,1
T°moy(1/10°C)	251	247	217	211	225	227	220
T°max(1/10°C)	263	264	228	226	260	241	239
T°min(1/10°C)	243	235	209	201	193	217	205
Lum(w/cm ²)	171,8	148,4	80,3	114,4	147,9	86,3	107,2
Pf20cm	2,78	2,83	2,79	2,87	2,86	2,82	2,83
Pf40cm	2,76	2,77	2,79	2,80	2,79	2,80	2,80
Temps Rosée	43,1	57,3	39,8	42,0	39,7	35,2	39,2

Annexe I – 1

Résumé des paramètres climatiques moyens sur l'ensemble des stations pour 6 campagnes d'échantillonnage (bimestres précédant les relevés)

(suite)

Pluviométrie et fréquence des pluies

(Fp>50 : pluies supérieures à 5mm/3h ; Fp>100 : pluies supérieures à 100 mm/3h)

Station	Dates relevé	Pluie(1/10mm)	Fréq. pluie	Fréq.pluie>50	Fréq.pluie>100
Canala	iii.1998	7,9	0,28	0,032	0,015
Ema	iii.1998	5,4	0,20	0,028	0,004
Mt Mou	iii.1998	3,8	0,13	0,017	0,006
Nessadiou	iii.1998	7,5	0,08	0,023	0,021
Paouta	iii.1998	3,3	0,09	0,019	0,011
Sarraméa	iii.1998	3,7	0,09	0,023	0,011
Touaourou	iii.1998	9,7	0,30	0,032	0,019

Station	Dates relevé	Pluie(1/10mm)	Fréq. pluie	Fréq.pluie>50	Fréq.pluie>100
Canala	v.1998	10,0	0,22	0,050	0,028
Ema	v.1998	10,0	0,16	0,046	0,028
Mt Mou	v.1998	5,5	0,13	0,033	0,015
Nessadiou	v.1998	12,2	0,16	0,062	0,040
Paouta	v.1998	4,8	0,13	0,030	0,012
Sarraméa	v.1998	8,6	0,17	0,048	0,024
Touaourou	v.1998	14,4	0,25	0,063	0,046

Station	Dates relevé	Pluie(1/10mm)	Fréq. pluie	Fréq.pluie>50	Fréq.pluie>100
Canala	vii.1998	6,1	0,15	0,018	0,015
Ema	vii.1998	3,1	0,16	0,011	0,004
Mt Mou	vii.1998	7,8	0,16	0,035	0,020
Nessadiou	vii.1998	2,8	0,08	0,007	0,002
Paouta	vii.1998	3,1	0,10	0,009	0,009
Sarraméa	vii.1998	5,2	0,13	0,018	0,009
Touaourou	vii.1998	6,8	0,20	0,031	0,011

Annexe I - 2

Expression de *Wasmannia auropunctata* pour l'ensemble des pièges
et l'ensemble des campagnes d'échantillonnage

Captures aux pièges de Barber : <i>Wasmannia auropunctata</i>							
Piège	Mars 1998	Mai 1998	Juil 1998	Sept 1998	Nov 1998	Janv 1999	Mars 1999
CA1	0	0	0	2	0	0	0
CA2	0	0	0	0	0	0	0
CA3	0	0	2	2	0	0	0
CA4	0	0	1	manque	0	0	0
CA5	0	0	0	manque	0	0	0
CA6	0	0	1	0	0	0	0
CA7	0	manque	0	18	0	0	0
CA8	0	0	0	0	0	0	0
EM1	15652	1652	2870	13391	4557	3833	14957
EM2	32522	957	760	6261	1562	4067	4174
EM3	8174	2609	4609	137391	1186	1803	24522
EM4	56696	4087	4174	32870	2722	3962	3826
EM5	45043	5739	7478	29565	3876	manque	18957
EM6	73391	3826	6348	40348	3691	6295	manque
EM7	39478	3043	7478	52522	7043	3174	15826
EM8	12870	870	446	13391	25304	2663	6783
MO1	0	0	1	3	1	5	4
MO2	0	2	4	6	1	3	20
MO3	0	1	1	2	2	3	17
MO4	7	3	6	32	23	22	47
MO5	0	5	1	7	23	9	11
MO6	13	0	0	10	10	14	19
MO7	8	0	5	20	12	34	63
MO8	49	6	18	73	30	69	98
NE1	0	0	0	0	0	0	0
NE2	0	0	0	1	0	0	0
NE3	0	0	0	0	0	0	0
NE4	0	0	0	0	0	0	0
NE5	0	0	0	0	0	0	0
NE6	0	0	0	0	2	0	0
NE7	0	0	0	0	0	0	0
NE8	0	0	0	0	0	0	0

Annexe I - 2

Expression de *Wasmannia auropunctata* pour l'ensemble des pièges et l'ensemble des campagnes d'échantillonnage (suite)

Captures aux pièges de Barber : <i>Wasmannia auropunctata</i>							
Piège	Mars 1998	Mai 1998	Juil 1998	Sept 1998	Nov 1998	Janv 1999	Mars 1999
NS1	0	4	0	0	0	1	0
NS2	0	0	0	0	1	1	0
NS3	0	0	0	0	0	1	0
NS4	1	0	0	0	0	0	0
NS5	0	0	0	0	0	0	0
NS6	0	0	0	0	0	0	0
NS7	0	0	0	0	0	0	2
NS8		0	0	0	0	0	0
PA1	15304	4870	1421	428	319	2014	3130
PA2	19826	696	753	1739	1205	7153	6261
PA3	14087	1217	4000	6609	286	1193	1913
PA4	7130	1565	6260	5913	5071	2929	6435
PA5	17565	3391	3130	18783	6260	2792	6261
PA6	22086	2435	3478	5565	2318	3145	2261
PA7	57391	1826	708	15304	2782	1332	1043
PA8	22260	696	2608	11478	2410	1703	2087
SA1	42435	1194	2010	1913	3340	14435	12522
SA2	15478	235	2957	manque	4174	9270	13043
SA3	75304	2654	687	15304	4000	5013	6777
SA4	65217	7794	4087	2360	2522	6229	12000
SA5	13217	4068	3217	17217	6087	5822	5217
SA6	92696	14957	4609	28870	3826	6954	15304
SA7	24000	12348	6522	4696	6609	1086	18261
SA8	20174	878	956	5043	6783	20348	16348
TO1	0	0	0	0	0	0	0
TO2	0	0	0	4	0	0	0
TO3	0	0	0	0	0	0	0
TO4	0	0	0	0	0	0	0
TO5	0	0	0	0	0	0	0
TO6	0	0	0	0	0	1	0
TO7	0	0	0	0	0	0	0
TO8	0	0	0	0	0	2	0

Annexe I - 3

Expression de *Wasmannia auropunctata* pour l'ensemble des pièges
et l'ensemble des campagnes d'échantillonnage (suite)

Captures aux pièges de Barber : autres Formicidae							
Piège	Mars 1998	Mai 1998	Juil 1998	Sept 1998	Nov 1998	Janv 1999	Mars 1999
CA1	497	726	48	20	46	7	35
CA2	1466	165	185	159	68	19	556
CA3	630	382	83	48	26	0	37
CA4	378	62	59	manque	35	2	59
CA5	252	334	32	manque	108	32	133
CA6	196	131	16	44	25	19	55
CA7	252	manque	38	325	28	29	46
CA8	294	93	49	104	18	8	39
EM1	0	0	0	0	0	0	0
EM2	0	0	0	0	0	0	0
EM3	0	0	0	0	0	0	0
EM4	0	0	0	0	0	0	0
EM5	0	0	0	0	0	manque	0
EM6	0	0	0	0	0	0	manque
EM7	0	0	0	0	0	0	0
EM8	0	0	0	0	0	0	0
MO1	14	11	5	17	5	18	9
MO2	27	2	4	1	3	14	3
MO3	37	4	5	10	7	29	11
MO4	3	2	0	0	5	5	1
MO5	40	15	2	3	1	109	2
MO6	4	1	0	1	5	1	1
MO7	4	1	3	3	1	5	4
MO8	3	0	0	1	2	7	4
NE1	0	0	0	2	8	1	6
NE2	1	1	0	1	4	6	19
NE3	1	1	0	4	1	1	13
NE4	0	3	1	11	11	2	24
NE5	7	2	0	10	62	9	13
NE6	2	1	3	22	98	5	23
NE7	1	2	0	1	14	3	8
NE8	2	0	0	1	9	6	12

Annexe I - 3

Expression de *Wasmannia auropunctata* pour l'ensemble des pièges et l'ensemble des campagnes d'échantillonnage (suite)

Captures aux pièges de Barber : autres Formicidae							
Piège	Mars 1998	Mai 1998	Juil 1998	Sept 1998	Nov 1998	Janv 1999	Mars 1999
NS1	21	23	8	33	47	4	34
NS2	28	14	6	33	82	40	70
NS3	14	7	7	38	45	1	22
NS4	4	3	15	16	16	19	22
NS5	9	5	5	12	23	14	16
NS6	16	5	4	16	46	55	42
NS7	8	16	6	25	99	9	83
NS8	3	18	13	27	87	49	29
PA1	11	1	1	7	7	2	0
PA2	9	0	0	15	33	34	8
PA3	2	0	0	8	3	1	0
PA4	5	0	0	3	4	0	0
PA5	6	1	0	19	6	0	0
PA6	2	0	1	2	3	0	0
PA7	0	0	0	0	6	1	0
PA8	1	0	0	4	6	0	
SA1	0	0	0	0	0	0	0
SA2	0	0	0	manque	0	0	0
SA3	0	0	0	0	0	0	0
SA4	0	0	0	0	0	0	0
SA5	0	0	0	0	0	0	0
SA6	0	0	0	0	0	0	0
SA7	0	0	0	0	0	0	0
SA8	0	0	0	0	0	0	0
TO1	43	16	49	85	46	47	42
TO2	166	33	87	67	22	38	90
TO3	76	39	58	41	37	36	41
TO4	54	24	35	97	140	48	68
TO5	30	12	28	47	34	145	63
TO6	111	27	29	129	246	171	44
TO7	95	25	28	117	57	89	103
TO8	35	23	27	74	52	17	25

Annexe I - 4

**Expression de *Wasmannia auropunctata*
Statistiques descriptives sur les captures de *W. auropunctata***

1 - Canala

Echantillon	Taille	Données manquantes	Moyenne	Ecart type
Mars 1998	8	0	0.00	0.00
Mai 1998	8	0	0.00	0.00
Juillet 1998	8	0	0.50	0.76
Septembre 1998	8	0	2.75	6.23
Novembre 1998	8	0	0.00	0.00
Janvier 1999	8	0	0.00	0.00
Mars 1999	8	0	0.00	0.00

Echantillon	Maximum	Minimum	Médiane	Etendue
Mars 1998	0.00	0.00	0.00	0.00
Mai 1998	0.00	0.00	0.00	0.00
Juillet 1998	2.00	0.00	0.00	2.00
Septembre 1998	18.00	0.00	0.00	18.00
Novembre 1998	0.00	0.00	0.00	0.00
Janvier 1999	0.00	0.00	0.00	0.00
Mars 1999	0.00	0.00	0.00	0.00

2 - Ema

Echantillon	Taille	Données manquantes	Moyenne	Ecart type
Mars 1998	8	0	35478.3	22845.8
Mai 1998	8	0	2847.9	1684.5
Juillet 1998	8	0	4270.4	2775.6
Septembre 1998	8	0	40717.4	42006.7
Novembre 1998	8	0	6242.6	7917.5
Janvier 1999	8	0	3685.3	1304.1
Mars 1999	8	0	12720.7	7370.1

Echantillon	Maximum	Minimum	Médiane	Etendue
Mars 1998	73391.0	8174.0	36000.0	65217.0
Mai 1998	5739.0	870.0	2826.0	4869.0
Juillet 1998	7478.0	446.0	4391.5	7032.0
Septembre 1998	137391.0	6261.0	31217.5	131130.0
Novembre 1998	25304.0	1186.0	3783.5	24118.0
Janvier 1999	6295.0	1803.0	3759.1	4492.0
Mars 1999	24522.0	3826.0	13838.9	20696.0

Annexe I - 4

**Expression de *Wasmannia auropunctata* (suite)
Statistiques descriptives sur les captures de *W. auropunctata***

3 - Mont Mou

Echantillon	Taille	Données manquantes	Moyenne	Ecart type
Mars 1998	8	0	9.63	16.66
Mai 1998	8	0	2.13	2.36
Juillet 1998	8	0	4.50	5.88
Septembre 1998	8	0	19.13	23.98
Novembre 1998	8	0	12.75	11.39
Janvier 1999	8	0	19.88	22.55
Mars 1999	8	0	34.88	32.16

Echantillon	Maximum	Minimum	Médiane	Etendue
Mars 1998	49.00	0.00	3.50	49.00
Mai 1998	6.00	0.00	1.50	6.00
Juillet 1998	18.00	0.00	2.50	18.00
Septembre 1998	73.00	2.00	8.50	71.00
Novembre 1998	30.00	1.00	11.00	29.00
Janvier 1999	69.00	3.00	11.50	66.00
Mars 1999	98.00	4.00	19.50	94.00

4 - Nessadiou 3

Echantillon	Taille	Données manquantes	Moyenne	Ecart type
Mars 1998	8	0	0.00	0.00
Mai 1998	8	0	0.00	0.00
Juillet 1998	8	0	0.00	0.00
Septembre 1998	8	0	0.13	0.35
Novembre 1998	8	0	0.25	0.71
Janvier 1999	8	0	0.00	0.00
Mars 1999	8	0	0.00	0.00

Echantillon	Maximum	Minimum	Médiane	Etendue
Mars 1998	0.00	0.00	0.00	0.00
Mai 1998	0.00	0.00	0.00	0.00
Juillet 1998	0.00	0.00	0.00	0.00
Septembre 1998	1.00	0.00	0.00	1.00
Novembre 1998	2.00	0.00	0.00	2.00
Janvier 1999	0.00	0.00	0.00	0.00
Mars 1999	0.00	0.00	0.00	0.00

Annexe I – 4

Expression de *Wasmannia auropunctata* (suite) Statistiques descriptives sur les captures de *W. auropunctata*

5 - Nessadiou 4

Echantillon	Taille	Données manquantes	Moyenne	Ecart type
Mars 1998	8	0	0.13	0.35
Mai 1998	8	0	0.50	1.41
Juillet 1998	8	0	0.00	0.00
Septembre 1998	8	0	0.00	0.00
Novembre 1998	8	0	0.13	0.35
Janvier 1999	8	0	0.38	0.52
Mars 1999	8	0	0.25	0.71

Echantillon	Maximum	Minimum	Médiane	Etendue
Mars 1998	1.00	0.00	0.00	1.00
Mai 1998	4.00	0.00	0.00	4.00
Juillet 1998	0.00	0.00	0.00	0.00
Septembre 1998	0.00	0.00	0.00	0.00
Novembre 1998	1.00	0.00	0.00	1.00
Janvier 1999	1.00	0.00	0.00	1.00
Mars 1999	2.00	0.00	0.00	2.00

6 - Paouta

Echantillon	Taille	Données manquantes	Moyenne	Ecart type
Mars 1998	8	0	21956.1	15144.8
Mai 1998	8	0	2087.0	1440.9
Juillet 1998	8	0	2794.8	1870.3
Septembre 1998	8	0	8227.4	6437.2
Novembre 1998	8	0	2581.4	2143.1
Janvier 1999	8	0	2782.6	1913.9
Mars 1999	8	0	3673.9	2262.8

Echantillon	Maximum	Minimum	Médiane	Etendue
Mars 1998	57391.0	7130.0	18695.5	50261.0
Mai 1998	4870.0	696.0	1695.5	4174.0
Juillet 1998	6260.0	708.0	2869.0	5552.0
Septembre 1998	18783.0	428.0	6261.0	18355.0
Novembre 1998	6260.0	286.0	2364.0	5974.0
Janvier 1999	7153.0	1193.0	2403.0	5960.0
Mars 1999	6435.0	1043.0	2695.5	5392.0

Annexe I – 4

Expression de *Wasmannia auropunctata* (suite) Statistiques descriptives sur les captures de *W. auropunctata*

7 - Sarramea

Echantillon	Taille	Données manquantes	Moyenne	Ecart type
Mars 1998	8	0	43565.1	30545.3
Mai 1998	8	0	5516.0	5598.0
Juillet 1998	8	0	3130.6	1949.2
Septembre 1998	8	0	10771.9	9324.3
Novembre 1998	8	0	4667.6	1604.6
Janvier 1999	8	0	8644.6	6069.5
Mars 1999	8	0	12434.0	4506.6

Echantillon	Maximum	Minimum	Médiane	Etendue
Mars 1998	92696.0	13217.0	33217.5	79479.0
Mai 1998	14957.0	235.0	3361.0	14722.0
Juillet 1998	6522.0	687.0	3087.0	5835.0
Septembre 1998	28870.0	1913.0	7907.4	26957.0
Novembre 1998	6783.0	2522.0	4087.0	4261.0
Janvier 1999	20348.0	1086.0	6591.5	19262.0
Mars 1999	18261.0	5217.0	12782.5	13044.0

8 - Touaourou

Echantillon	Taille	Données manquantes	Moyenne	Ecart type
Mars 1998	8	0	0.00	0.00
Mai 1998	8	0	0.00	0.00
Juillet 1998	8	0	0.00	0.00
Septembre 1998	8	0	0.50	1.41
Novembre 1998	8	0	0.00	0.00
Janvier 1999	8	0	0.38	0.74
Mars 1999	8	0	0.00	0.00

Echantillon	Maximum	Minimum	Médiane	Etendue
Mars 1998	0.00	0.00	0.00	0.00
Mai 1998	0.00	0.00	0.00	0.00
Juillet 1998	0.00	0.00	0.00	0.00
Septembre 1998	4.00	0.00	0.00	4.00
Novembre 1998	0.00	0.00	0.00	0.00
Janvier 1999	2.00	0.00	0.00	2.00
Mars 1999	0.00	0.00	0.00	0.00

Annexe I – 5.

**Expression de *Wasmannia auropunctata*.
Résultats de l'analyse factorielle des correspondances**

```

*-----*
| WinADE-4 * Metrowerks CodeWarrior C * CNRS-Lyon1 * JT & DC |
| COA: COrrespondence Analysis                03/04/00 13/53 |
*-----*

```

fc/COA: Correspondence analysis

Input file: C:\ADE4\Expwas\expwas

Number of rows: 14, columns: 48

File C:\ADE4\Expwas\expwas.fcpl contains the margin distribution of rows

It has 14 rows and 1 column

File C:\ADE4\Expwas\expwas.fcpc contains the margin distribution of columns

It has 48 rows and 1 column

File C:\ADE4\Expwas\expwas.fcta contains the double centred table DI-
1*P*DJ-1 -1I*1J'

It has 14 rows and 48 columns

File C:\ADE4\Expwas\expwas.fcma contains:

the number of rows: 14

the number of columns: 48

the total number: 6.9987E+06

DiagoRC: General program for two diagonal inner product analysis

Input file: C:\ADE4\Expwas\expwas.fcta

--- Number of rows: 14, columns: 48

Total inertia: 0.629755

Num.	Eigenval.	R.Iner.	R.Sum	Num.	Eigenval.	R.Iner.	R.Sum
01	+5.5561E-01	+0.8823	+0.8823	02	+2.9598E-02	+0.0470	+0.9293
03	+2.4966E-02	+0.0396	+0.9689	04	+1.1379E-02	+0.0181	+0.9870
05	+7.8778E-03	+0.0125	+0.9995	06	+1.4710E-04	+0.0002	+0.9997
07	+1.0806E-04	+0.0002	+0.9999	08	+4.7171E-05	+0.0001	+1.0000
09	+1.7167E-05	+0.0000	+1.0000	10	+7.6735E-06	+0.0000	+1.0000
11	+0.0000E+00	+0.0000	+1.0000	12	+0.0000E+00	+0.0000	+1.0000
13	+0.0000E+00	+0.0000	+1.0000	14	+0.0000E+00	+0.0000	+1.0000

File C:\ADE4\Expwas\expwas.fcvp contains the eigenvalues and relative inertia for each axis

--- It has 48 rows and 2 columns

File C:\ADE4\Expwas\expwas.fcco contains the column scores

--- It has 48 rows and 2 columns

File :C:\ADE4\Expwas\expwas.fcco

Col.	Mini	Maxi
1	-9.414e-01	9.197e-01
2	-1.022e+00	2.906e-01

File C:\ADE4\Expwas\expwas.fcli contains the row scores

--- It has 14 rows and 2 columns

File :C:\ADE4\Expwas\expwas.fcli

Col.	Mini	Maxi
1	-8.587e-01	1.177e+00
2	-2.546e+00	2.853e-01


```

*-----*
| WinADE-4 * Metrowerks CodeWarrior C * CNRS-Lyon1 * JT & DC |
| ADE-4: Rows: Inertia analysis                               03/04/00 02/57 |
*-----*

```

Input file: C:\ADE4\Expwas\expwas.fcta
Number of rows: 14, columns: 48

Inertia: Two diagonal norm inertia analysis
Total inertia: 0.629755 - Number of axes: 2

File C:\ADE4\Expwas\expwas.fccl contains the contribution of rows to the trace

It has 14 rows and 1 column

Row inertia

All contributions are in 1/10000

-----Absolute contributions-----

Num	Fac 1	Fac 2
1	1100	49
2	1173	14
3	1042	85
4	501	1115
5	14	0
6	14	0
7	316	1247
8	57	117
9	0	1
10	0	0
11	0	0
12	3	8
13	5690	17
14	83	7341

-----Relative contributions-----

Num	Fac 1	Fac 2	Remains	Weight	Cont.
1	9846	23	129	1547	985
2	9865	6	128	1665	1049
3	9803	42	153	1461	938
4	6842	810	2347	452	646
5	9028	18	953	20	14
6	9017	26	955	20	14
7	4401	925	4673	453	633
8	2700	293	7006	47	188
9	5937	518	3543	0	1
10	4655	314	5030	0	0
11	3694	184	6121	0	0
12	5078	567	4354	9	6
13	9998	1	0	4287	5021
14	1477	6917	1605	33	498

```

*-----*
| WinADE-4 * Metrowerks CodeWarrior C * CNRS-Lyon1 * JT & DC |
| ADE-4: Columns: inertia analysis          03/04/00 02/58 |
*-----*

```

Input file: C:\ADE4\Expwas\expwas.fcta
Number of rows: 14, columns: 48

Inertia: Two diagonal norm inertia analysis
Total inertia: 0.629755 - Number of axes: 2

File C:\ADE4\Expwas\expwas.fccc contains the contribution of columns to the trace
It has 48 rows and 1 column

Column inertia
All contributions are in 1/10000

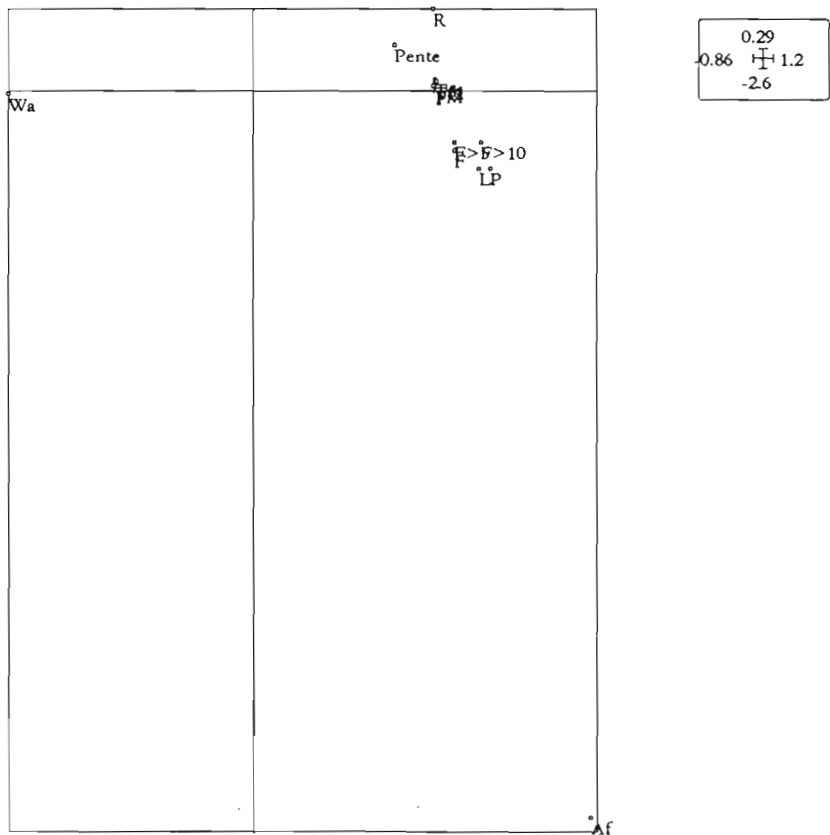
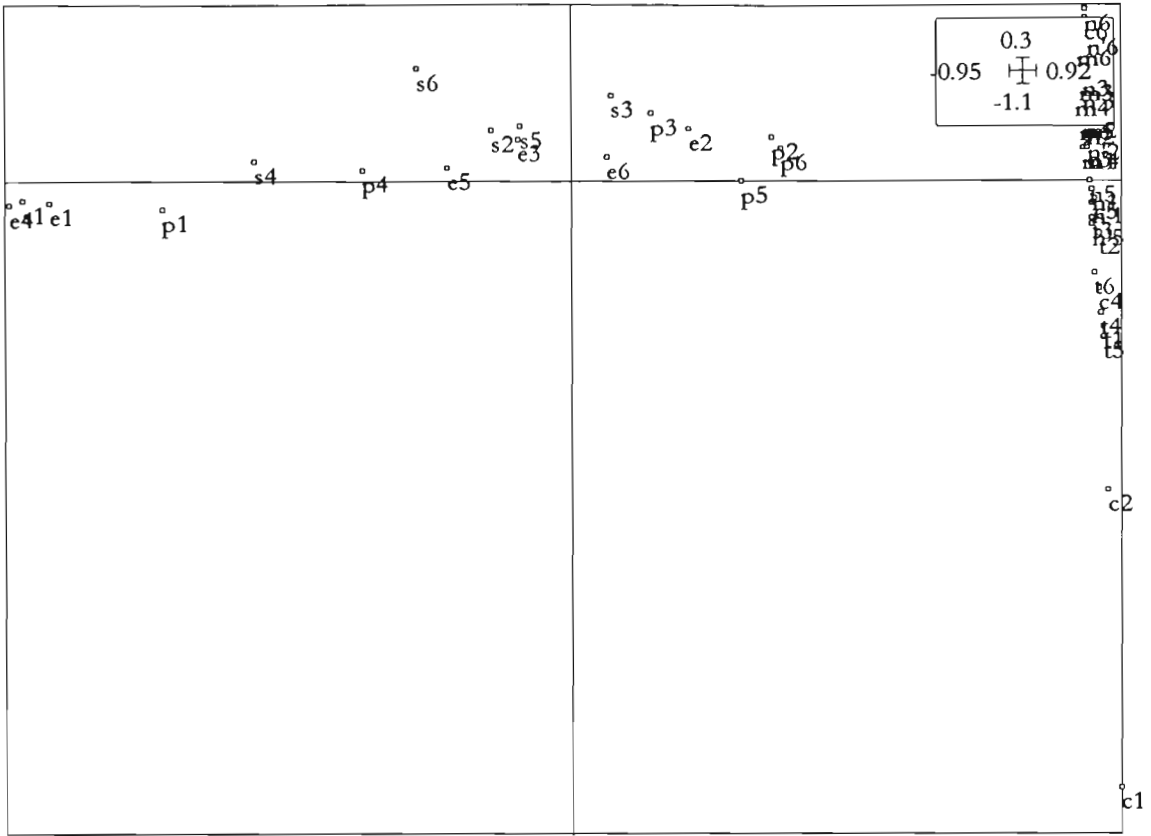
-----Absolute contributions-----

Num	Fac 1	Fac 2
1	206	4792
2	192	1205
3	146	13
4	160	124
5	172	3
6	188	365
7	1151	33
8	12	47
9	2	33
10	1480	53
11	18	4
12	1	10
13	151	12
14	149	46
15	121	91
16	116	66
17	129	36
18	154	217
19	176	0
20	167	39
21	137	115
22	137	41
23	160	0
24	191	410
25	177	6
26	167	21
27	138	89
28	139	10
29	162	22
30	192	300
31	497	45
32	34	31
33	5	71
34	63	3
35	27	0
36	51	23
37	1532	38
38	7	59
39	1	116
40	164	11
41	2	60
42	39	385

43	202	290
44	194	36
45	154	14
46	164	196
47	181	301
48	163	94

-----Relative contributions-----

Num	Fac 1	Fac 2	Remains	Weight	Cont.
1	3870	4775	1354	135	471
2	7014	2341	643	133	241
3	9218	44	737	109	139
4	6127	253	3619	114	231
5	8033	8	1957	125	189
6	7442	767	1790	142	224
7	9980	15	3	841	1018
8	7735	1516	747	177	14
9	3797	2434	3767	185	6
10	9975	19	5	928	1309
11	9258	118	622	239	18
12	3574	1635	4790	188	3
13	8791	39	1169	115	151
14	9240	153	606	113	143
15	8641	349	1009	93	123
16	8837	270	892	90	116
17	8749	130	1120	99	130
18	8360	626	1012	119	162
19	8792	1	1205	130	177
20	9606	119	273	124	153
21	9446	421	132	104	128
22	9645	155	198	103	126
23	9530	0	469	118	148
24	7000	800	2198	143	240
25	8871	16	1111	130	176
26	9693	66	239	125	152
27	9524	327	148	104	128
28	9782	39	177	104	125
29	9574	70	355	119	150
30	7088	589	2322	144	239
31	9831	48	120	581	446
32	9141	442	415	165	33
33	5030	3626	1342	159	9
34	9876	32	91	278	56
35	7481	0	2518	183	32
36	8678	209	1112	226	52
37	9983	13	2	1005	1354
38	4673	1927	3398	228	14
39	1073	4618	4308	164	11
40	9857	36	105	317	147
41	2811	3115	4072	203	9
42	3105	1625	5269	318	111
43	7994	610	1394	142	223
44	8661	86	1251	139	198
45	9701	48	249	113	140
46	8918	567	513	116	162
47	8132	719	1147	127	196
48	9472	291	236	118	152



ANNEXE II - CONTRÔLE DE *WASMANNIA AUROPUNCTATA*

Traitements à l'Amdro et au Diazinon en caférie (Tribu de Bangou) :
Nombre de *Wasmannia auropunctata* capturées dans chaque piège
par période de 7 jours

Date relevé	Non traité		Non traité		Amdro	
	A11	A12	A21	A22	A31	A32
1998.04.17	2	39	76	2338	3905	7358
1998.05.01	0	0	36	762	609	380
1998.05.26	0	0	32	153	148	21
1998.07.16	0	0	58	300	927	1665
1998.09.21	1	0	80	622	2146	1409
1998.11.20	0	1	33	68	176	432
1999.01.12	0	0	35	391	1596	1503
1999.03.09	0	1	43	862	1649	1303
1999.05.12	13	1	327	922	1892	4009

Date relevé	Diazinon		Amdro		Diazinon	
	B11	B12	B21	B22	B31	B32
1998.04.17	1836	1098	3665	4126	7055	5376
1998.05.01	404	321	1078	598	2491	1224
1998.05.26	35	18	334	219	230	63
1998.07.16	164	69	697	331	367	452
1998.09.21	350	355	1218	629	1651	3040
1998.11.20	154	119	236	46	681	1134
1999.01.12	164	84	245	173	552	348
1999.03.09	776	148	1234	861	2589	487
1999.05.12	169	137	1374	1435	2001	1033

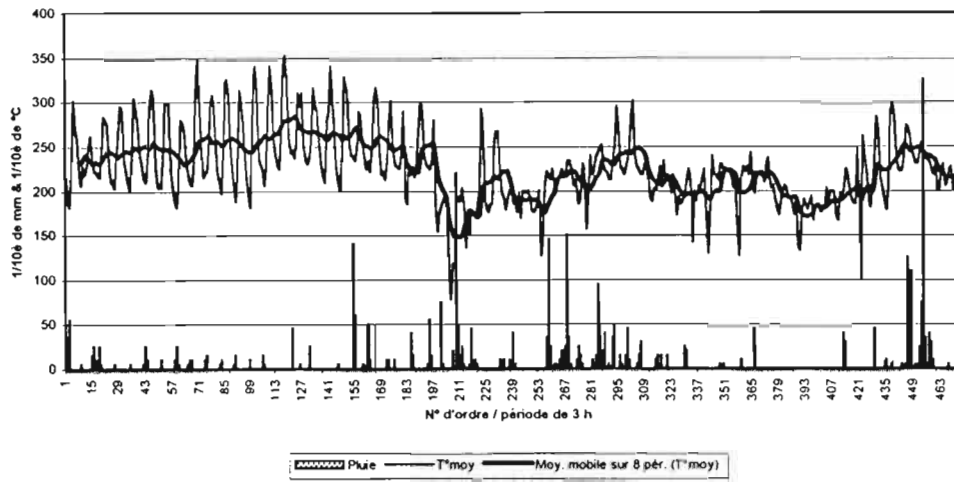
Date relevé	Diazinon		Amdro		Non traité	
	C11	C12	C21	C22	C31	C32
1998.04.17	1104	878	1098	23	5	0
1998.05.01	122	70	429	193	0	0
1998.05.26	138	15	136	26	0	0
1998.07.16	91	10	144	53	0	2
1998.09.21	1103	110	180	5	1	0
1998.11.20	70	106	95	51	2	0
1999.01.12	337	122	146	212	130	1
1999.03.09	2359	341	413	433	422	10
1999.05.12	1347	322	261	139	162	4

ANNEXE III – CLIMATOLOGIE : GRAPHIQUES

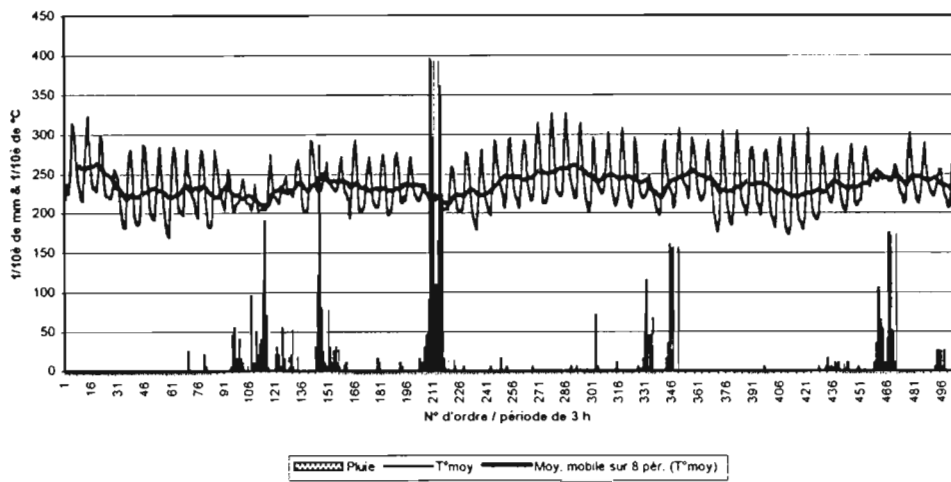
**Données climatiques saisonnières acquises sur les stations de
Canala, Ema, Mt Mou, Nessadiou, Sarraméa, Paouta et Touaourou**

**Représentation graphique
(1 point toutes les 3 heures)**

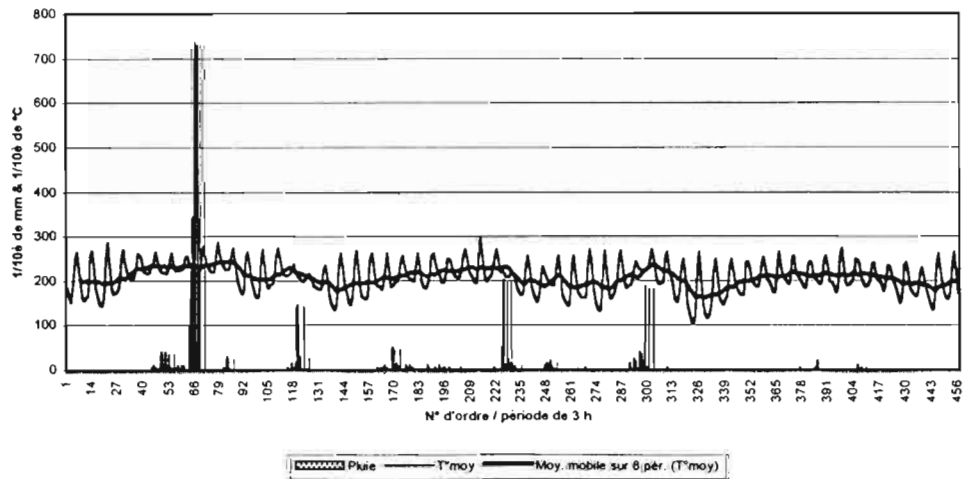
Canala : 10.i au 9.iii.1998



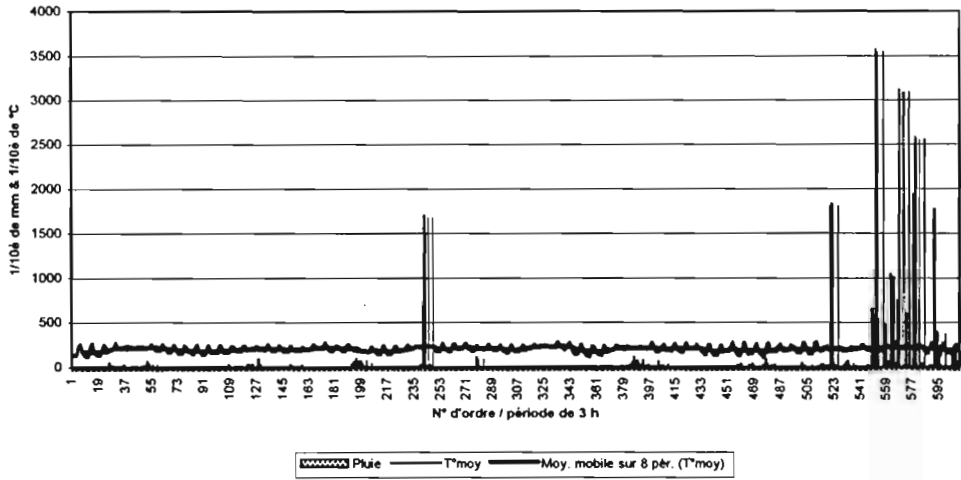
Canala : 10.iii au 11.v.1998



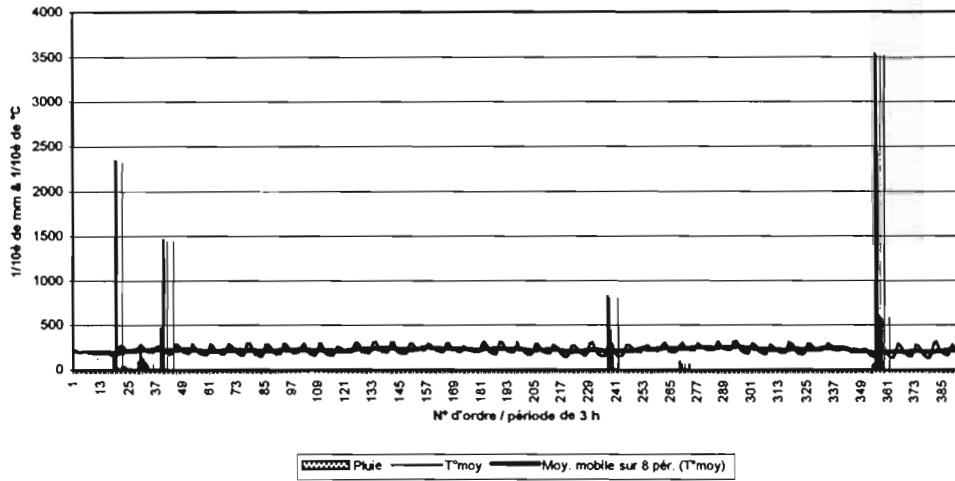
Canala : 12.v au 7.vii.1998



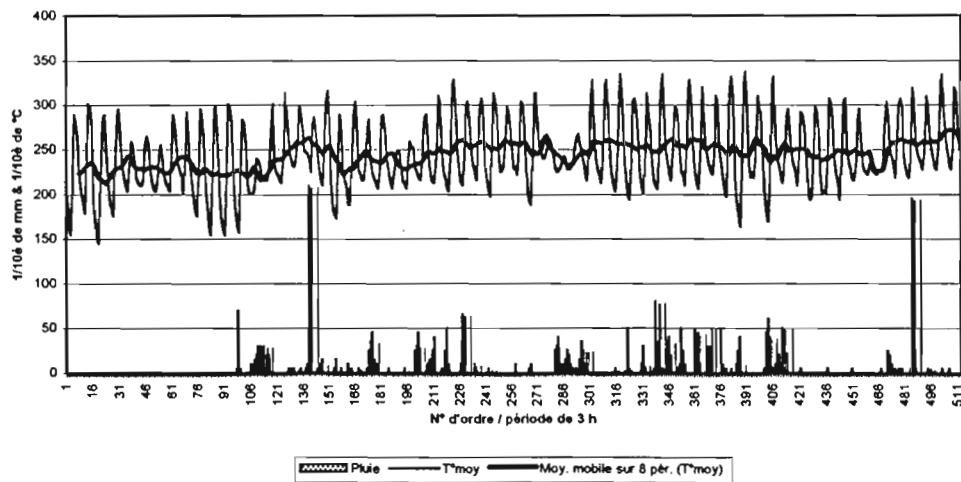
Canala : 8.vii au 21.ix.1998



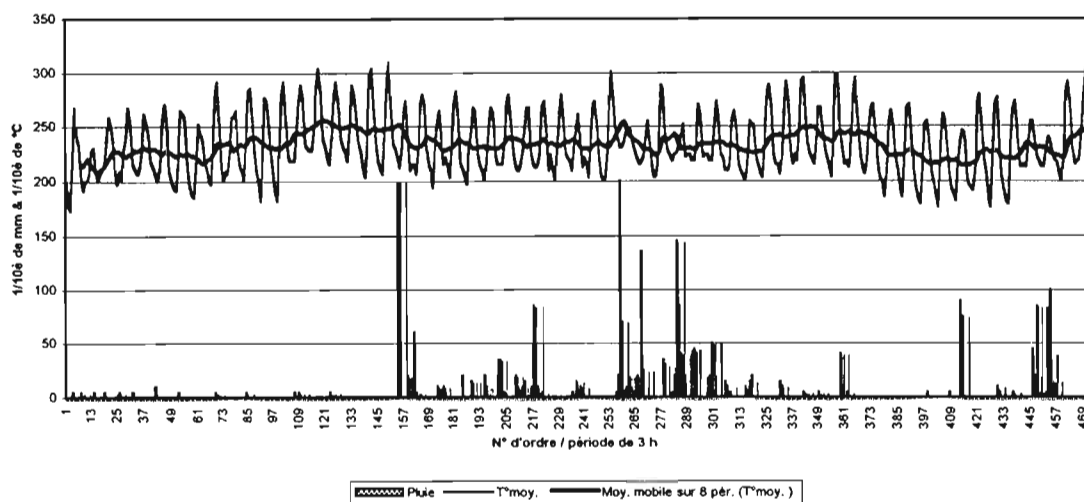
Canala : 22.ix au 9.xi.1998



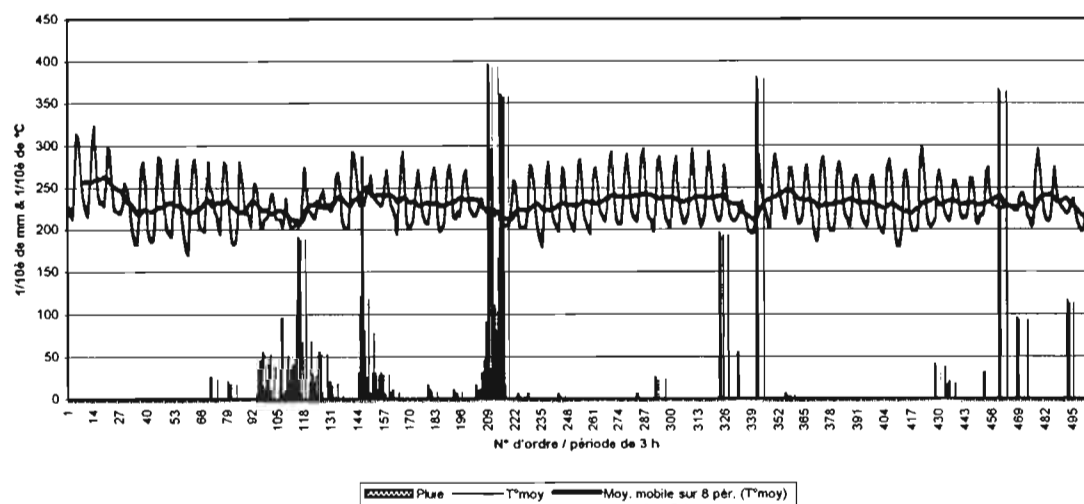
Canala : 10.xi.1998 au 12.i.1999



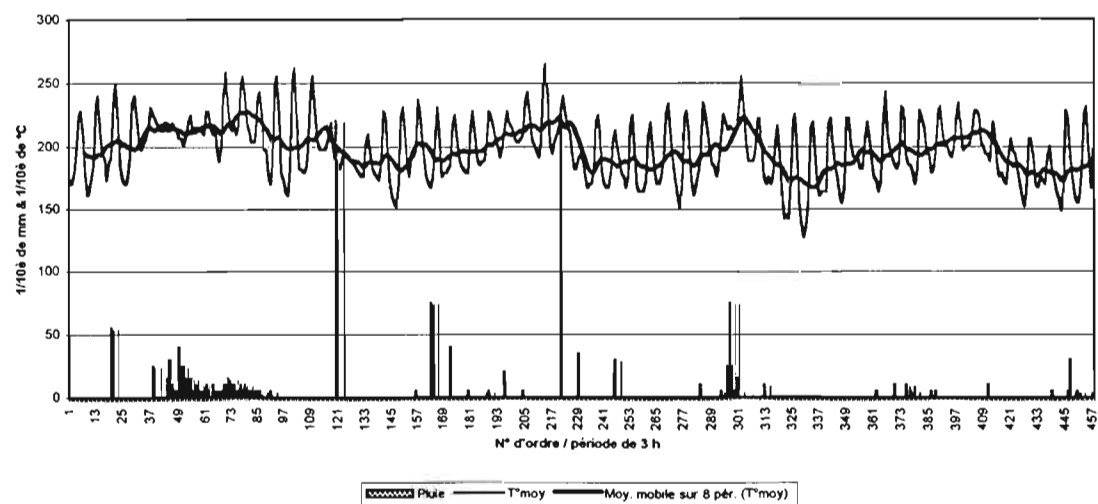
Ema : 10.i au 9.iii.1998



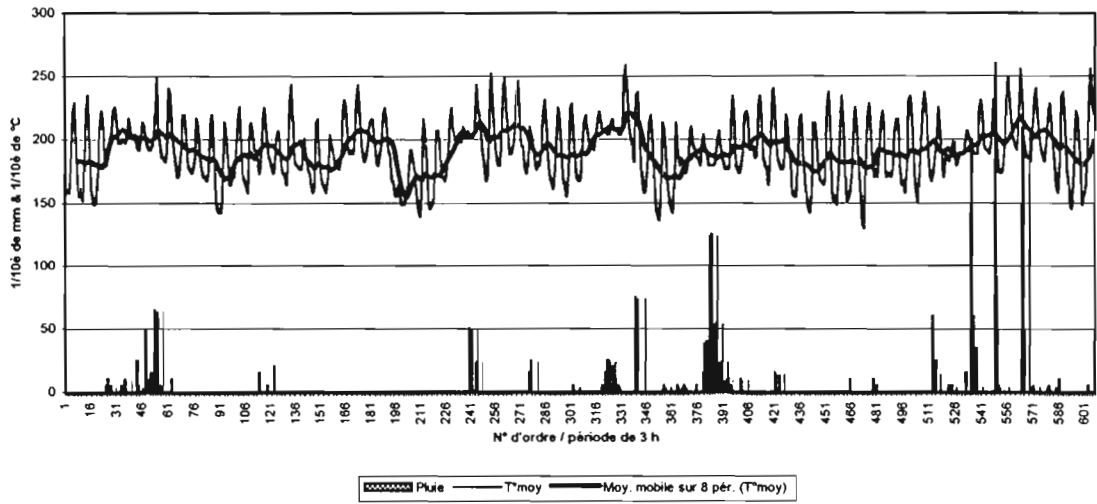
Ema : 10.iii au 11.v.1998



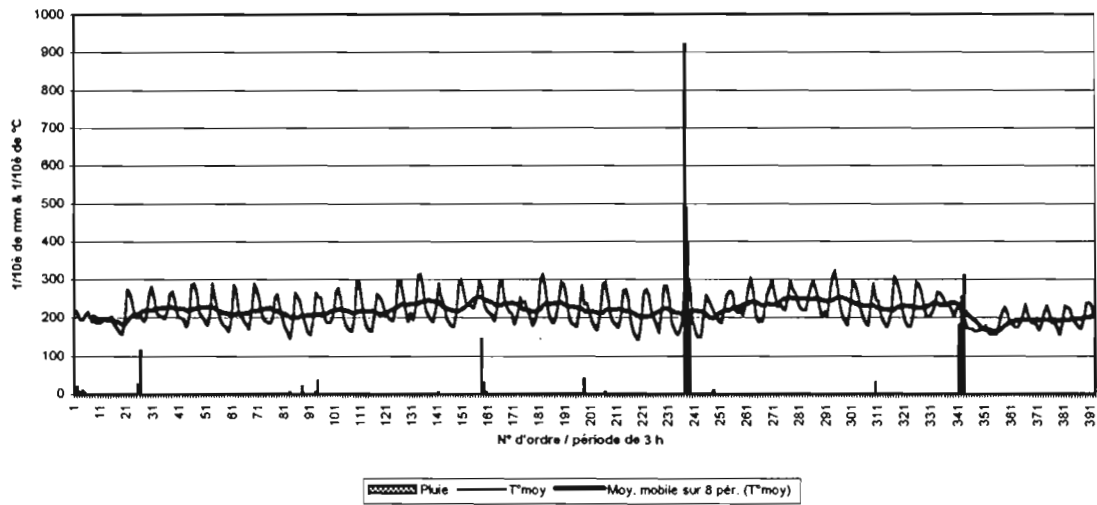
Ema : 12.v au 7.vii.1998



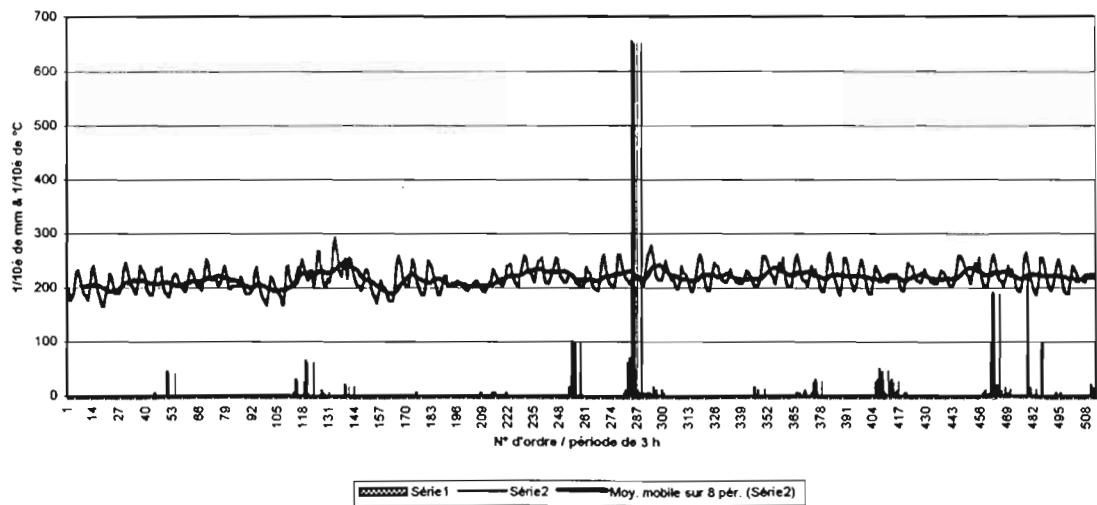
Ema : 8.vii au 21.ix.1998



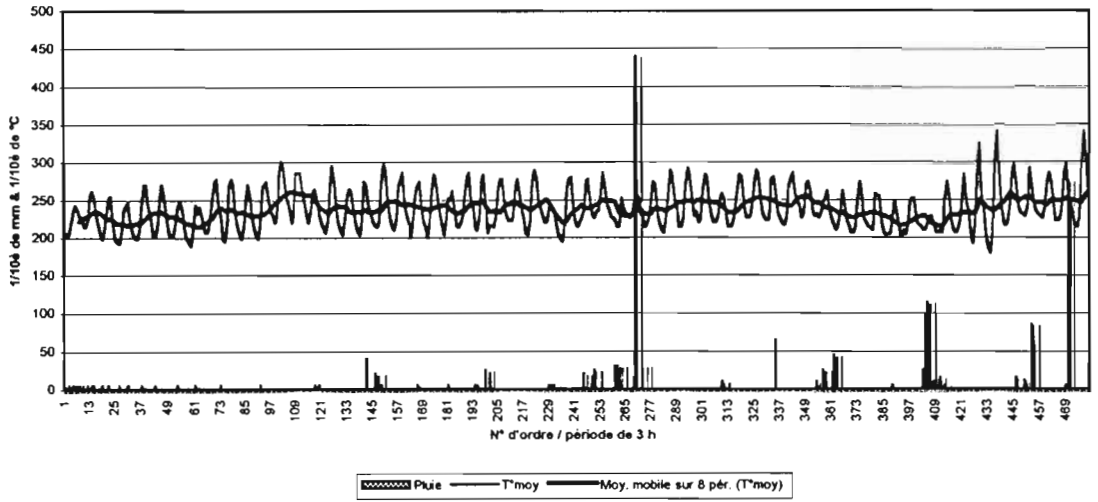
Ema : 22.ix au 9.xi.1998



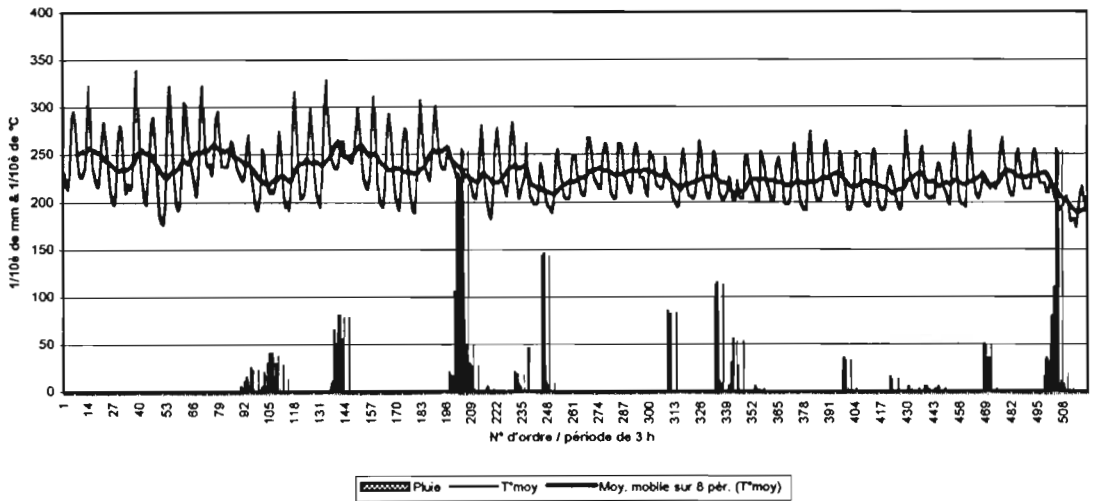
Ema : 10.xi.1998 au 12.i.1999



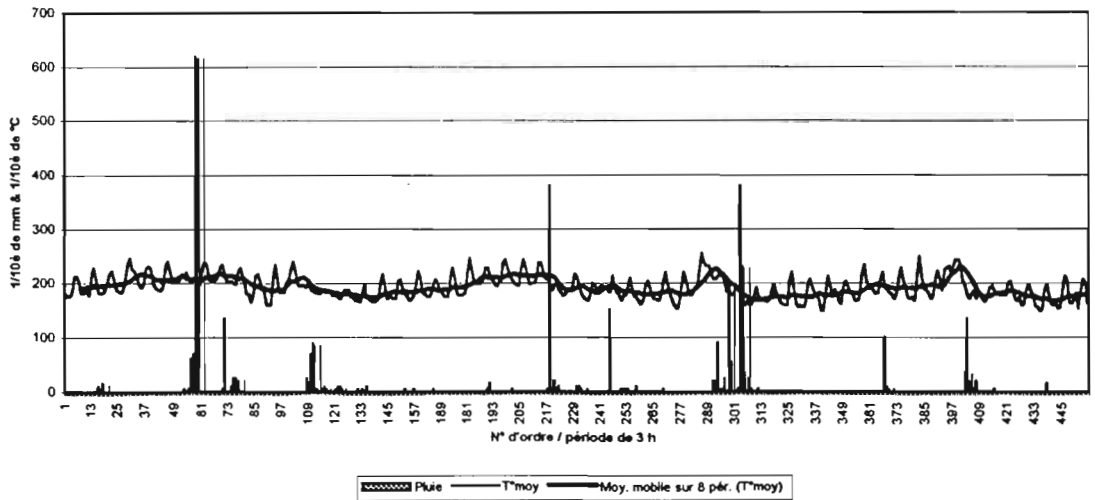
Mt Mou : 11.i au 10.iii.1998



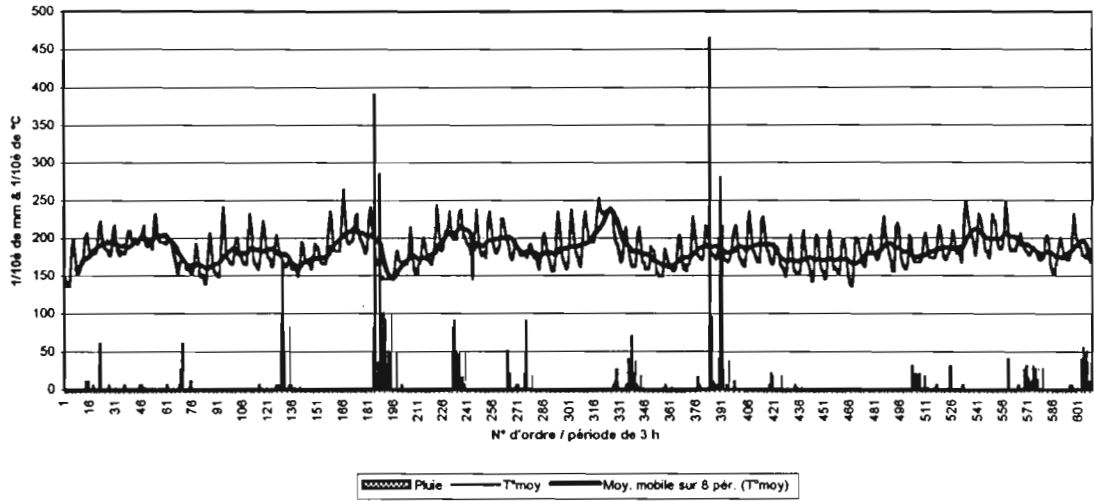
Mt Mou : 11.iii au 12.v.1998



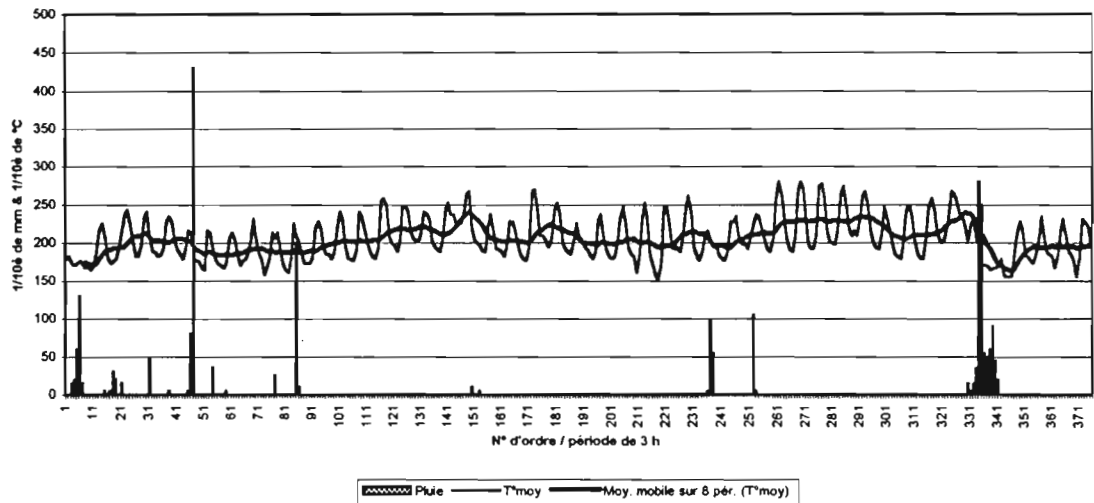
Mt Mou : 13.v au 8.vii.1998



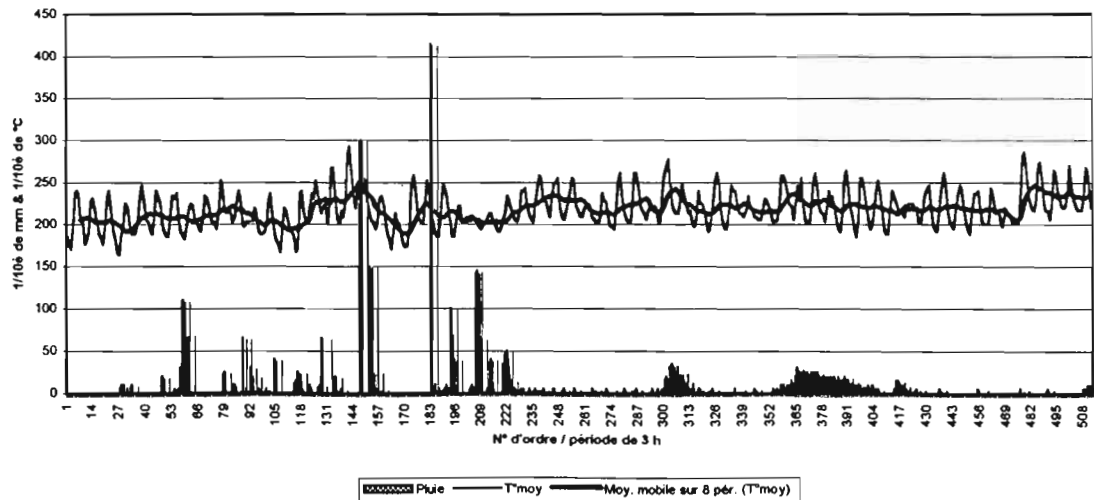
Mt Mou : 9.vii au 22.ix.1998



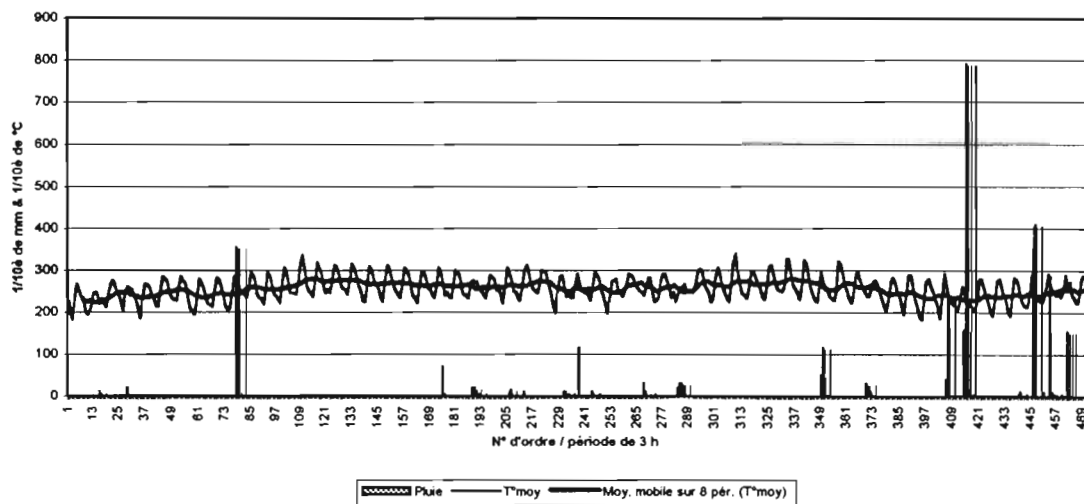
Mt Mou : 23.ix au 8.xi.1998



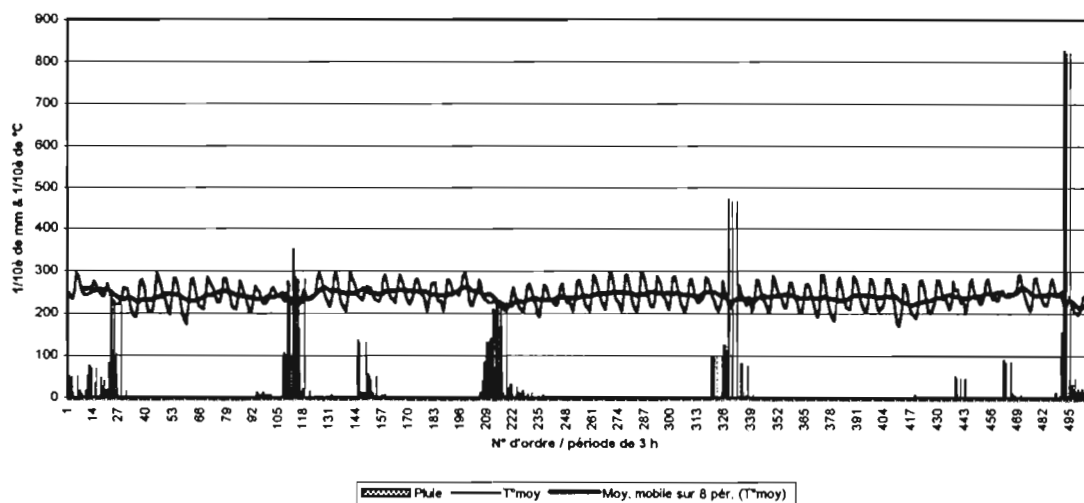
Mt Mou : 9.ii.1998 au 11.i.1999



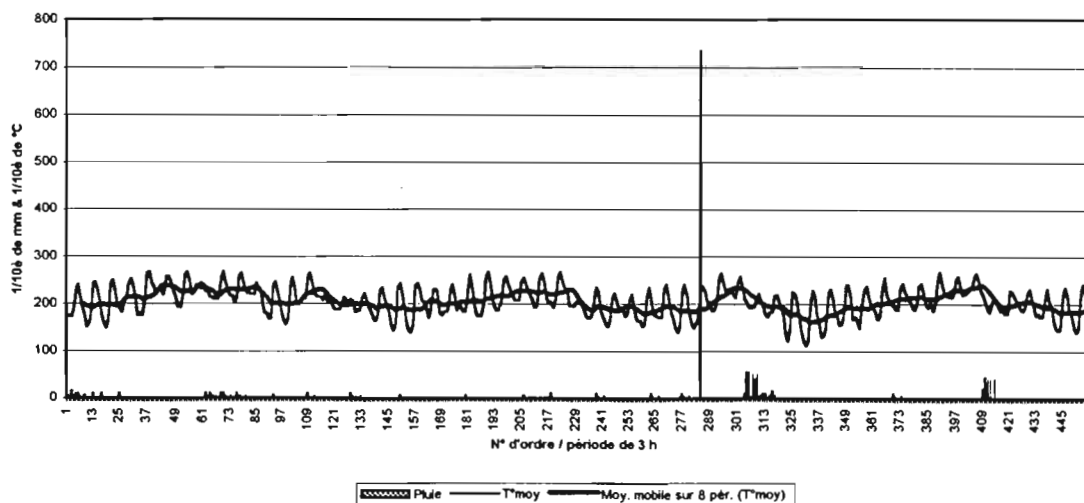
Nessadiou : 10.i au 9.iii.1998



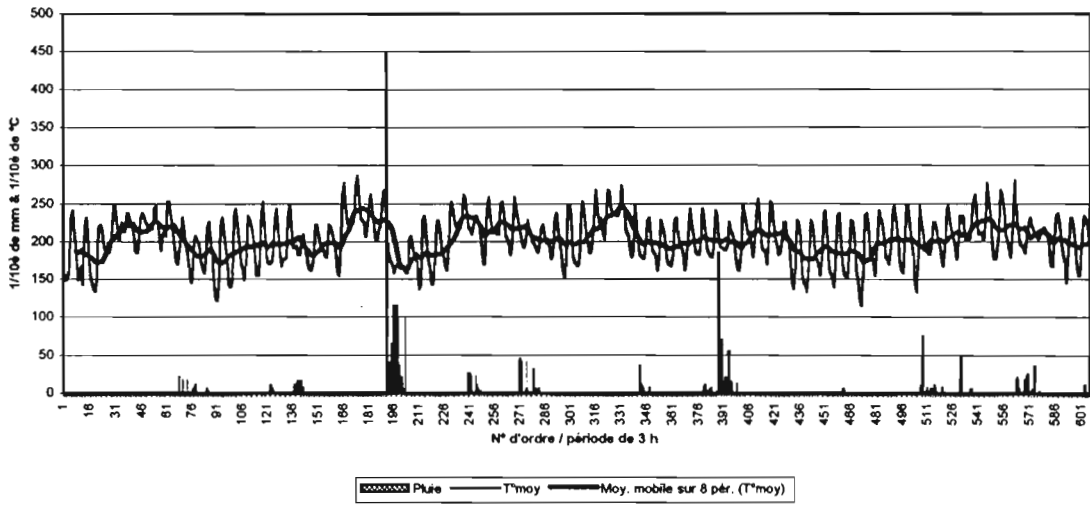
Nessadiou : 10.iii au 11.v.1998



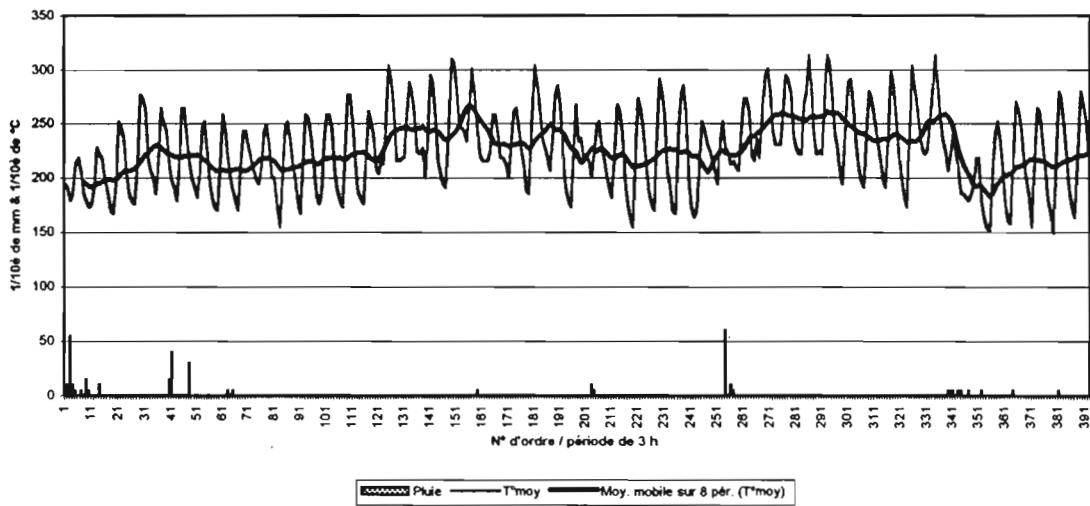
Nessadiou : 12.v au 7.vii.1998



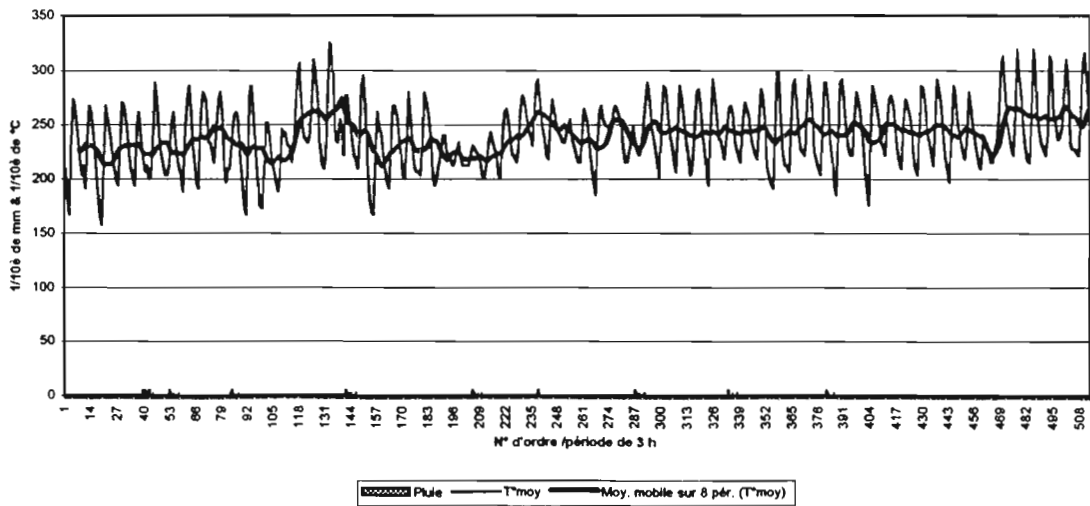
Nessadiou : 8.vii au 21.ix.1998



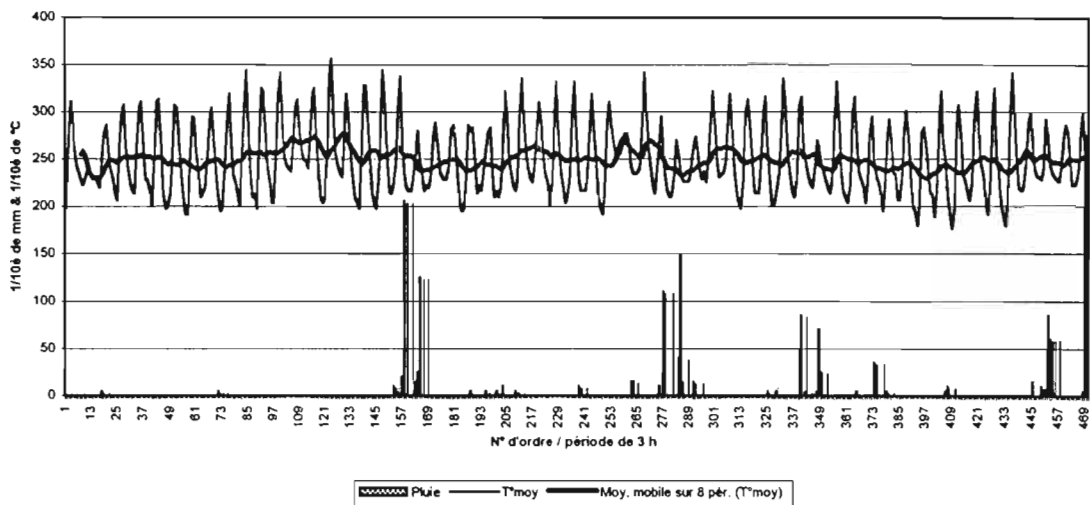
Nessadiou : 22.ix au 9.xi.1998



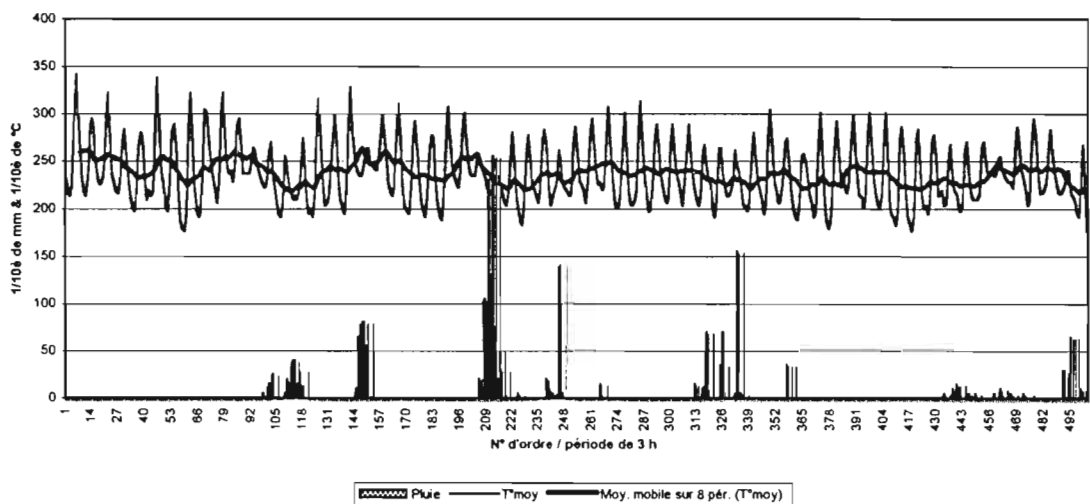
Nessadiou : 10.xi.1998 au 12.i.1999



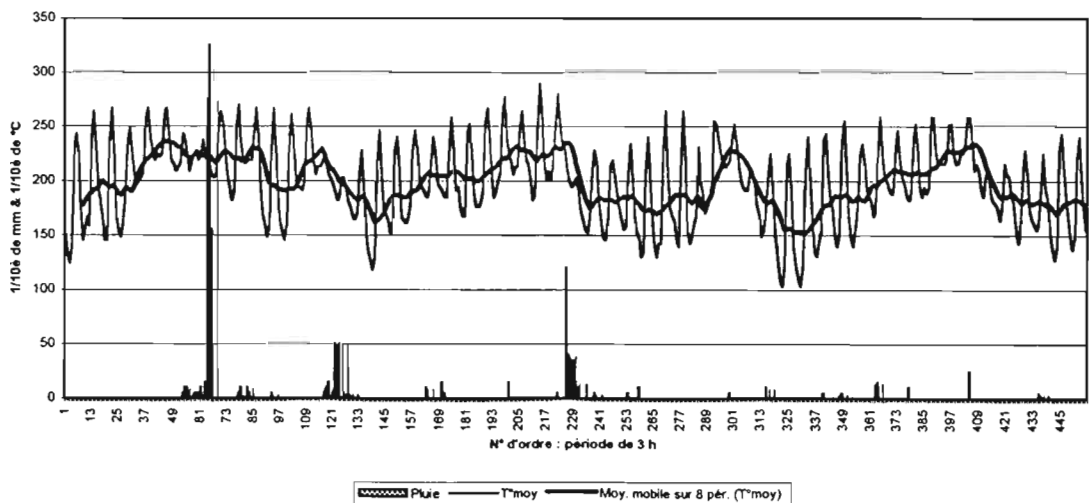
Paouta : 10.i au 9.iii.1998



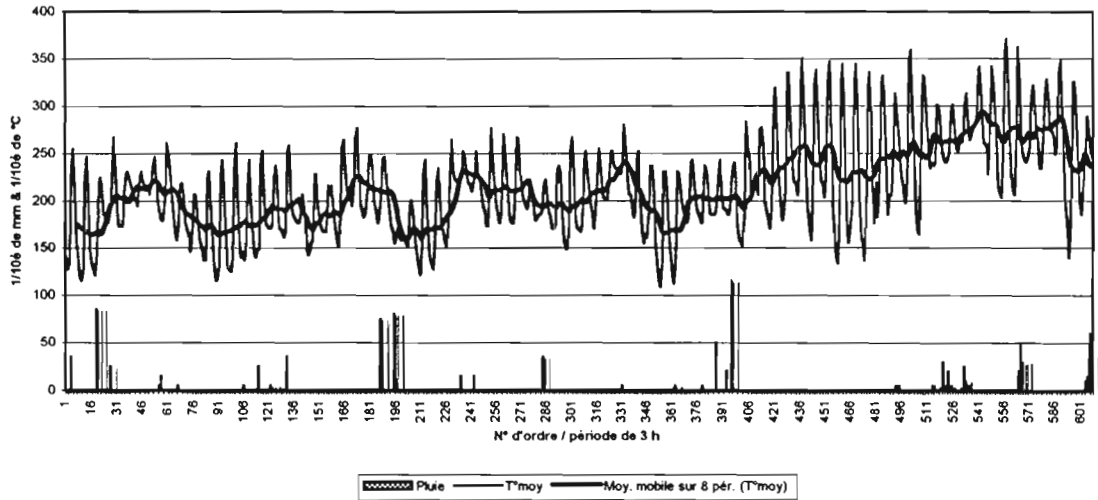
Paouta : 10.iii au 11.v.1998



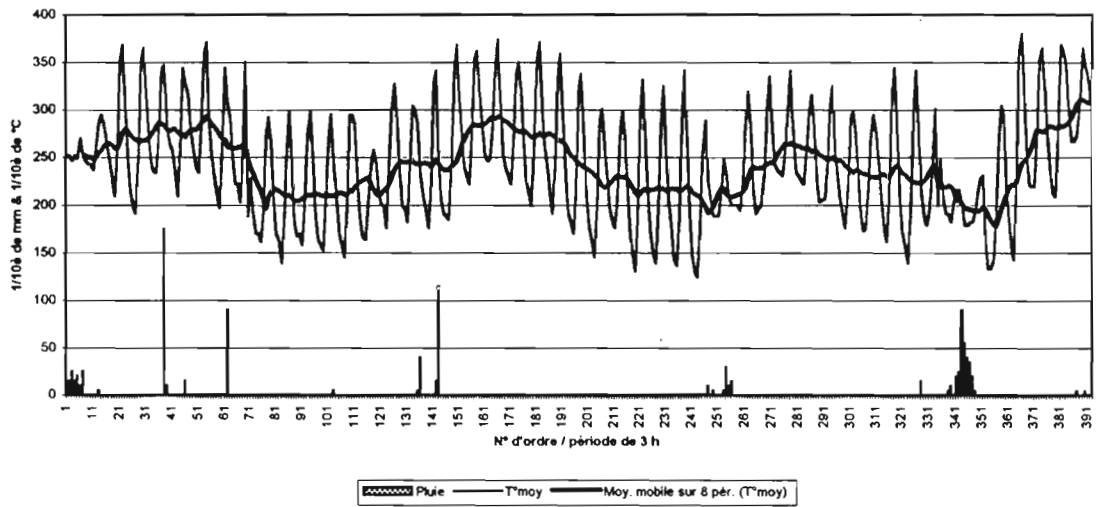
Paouta : 12.v au 7.vii.1998



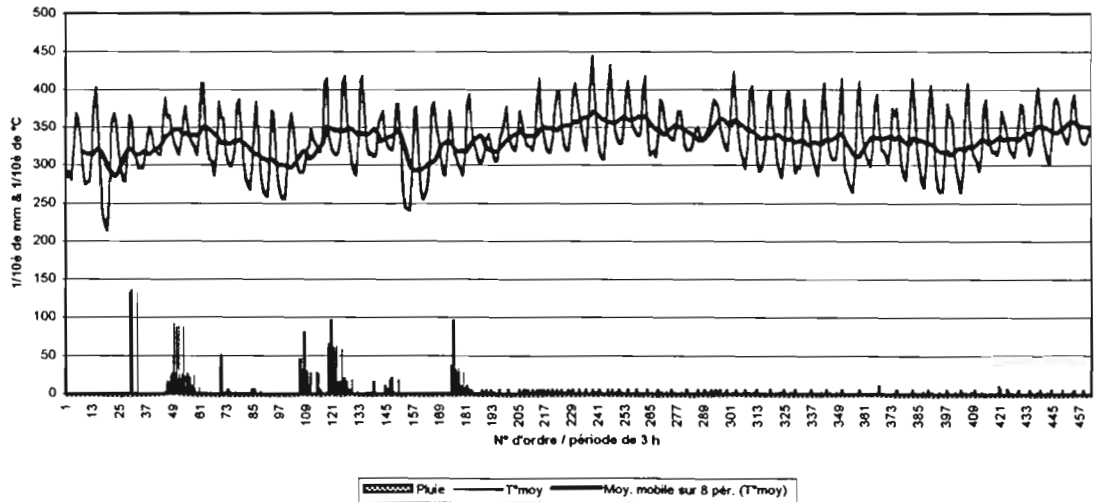
Paouta : 8.vii au 21.ix.1998



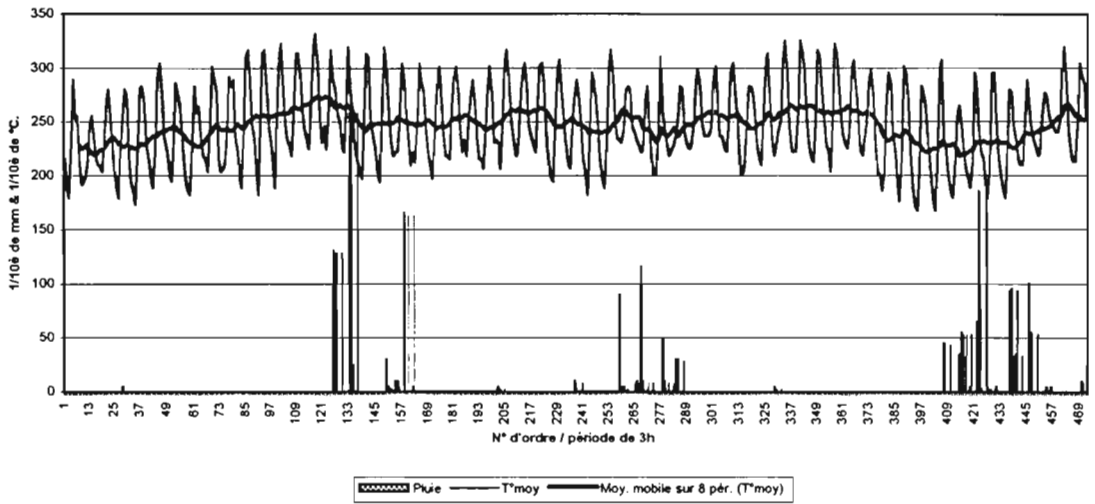
Paouta : 22.ix au 9.xi.1998



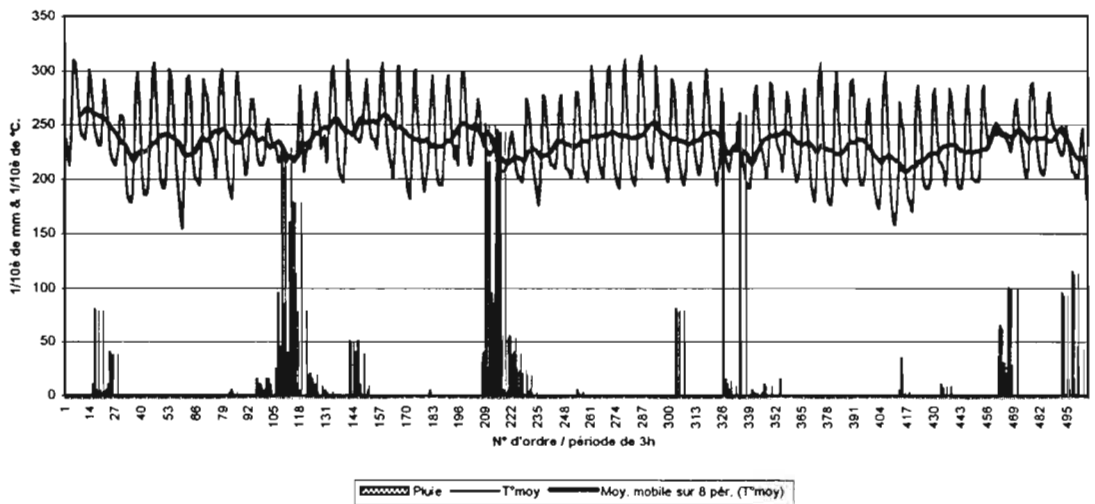
Paouta : 10.xi.1998 au 06.i.1999



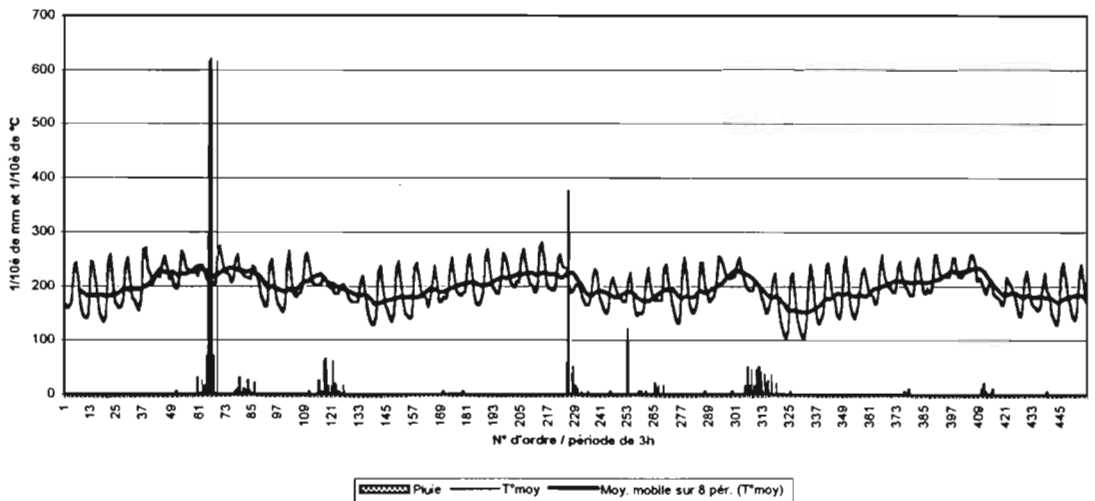
Sarraméa : 10.i au 9.iii.1998



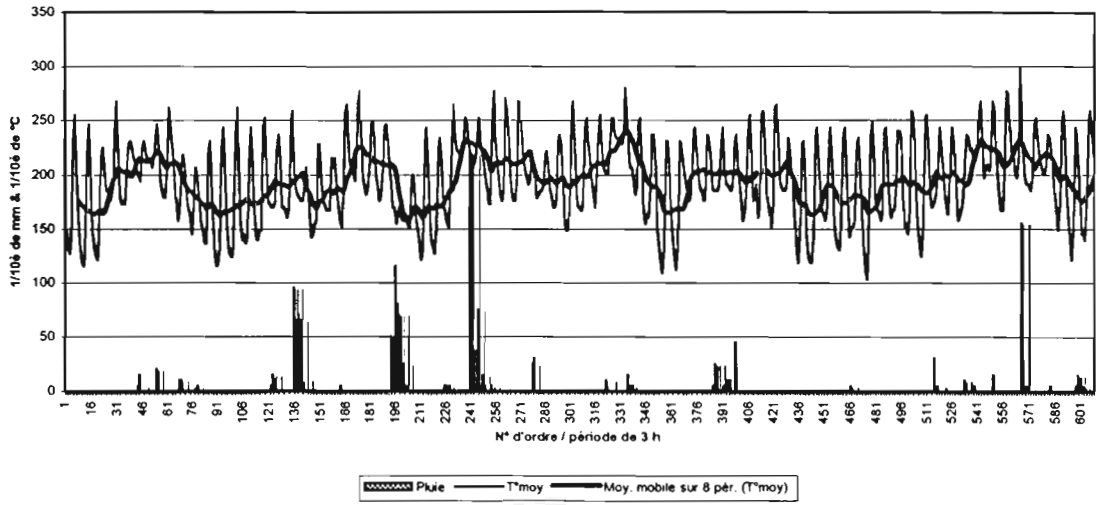
Sarraméa : 10.iii au 11.v.1998



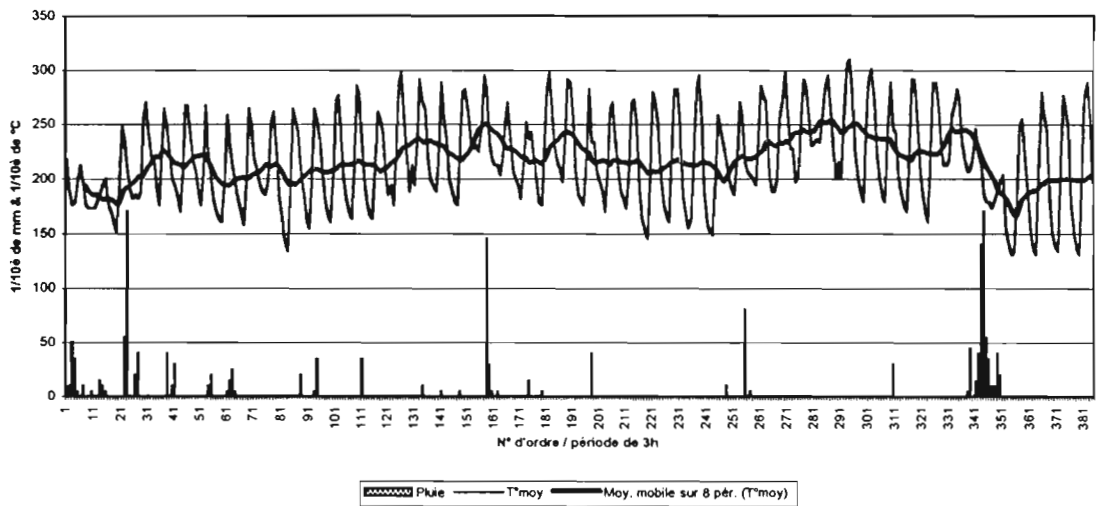
Sarraméa : 12.v au 7.vii.1998



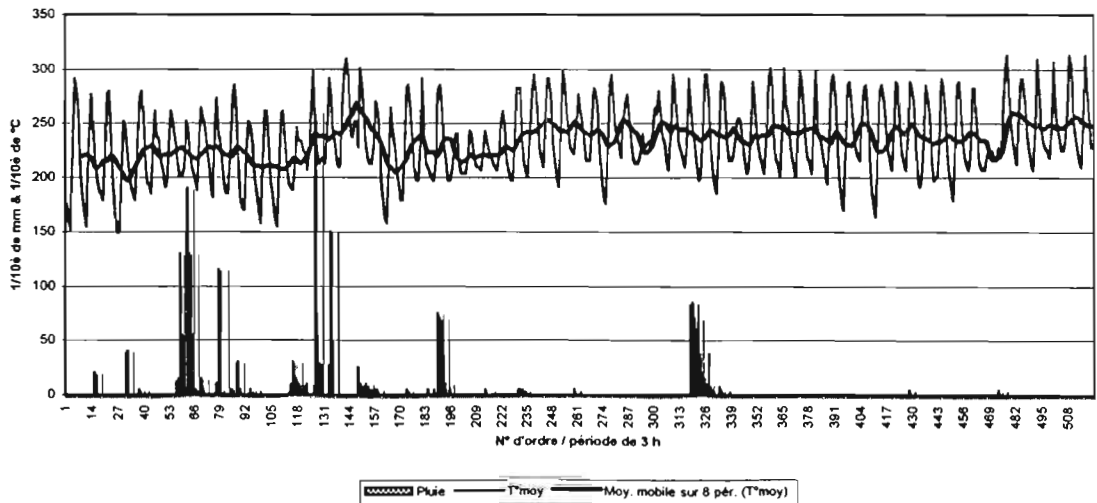
Sarraméa : 8.vii au 21.ix.1998



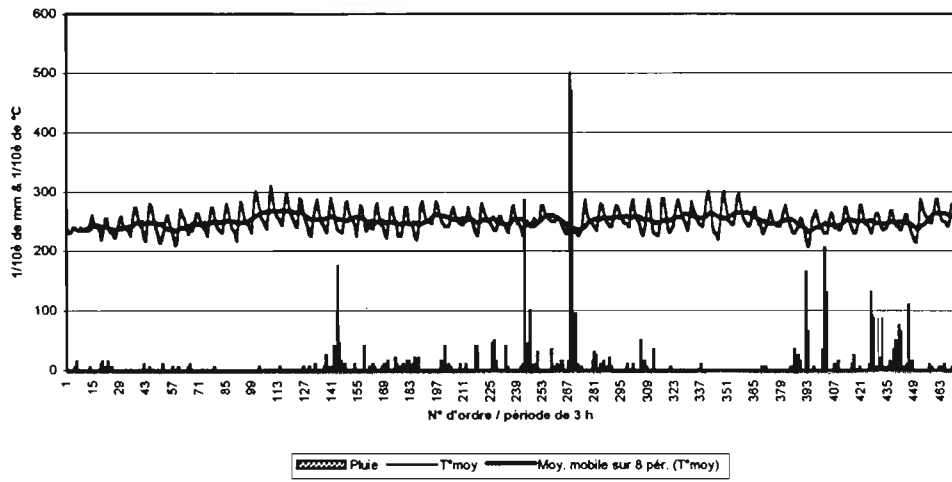
sarraméa : 22.ix.1998 au 9.xi.1998



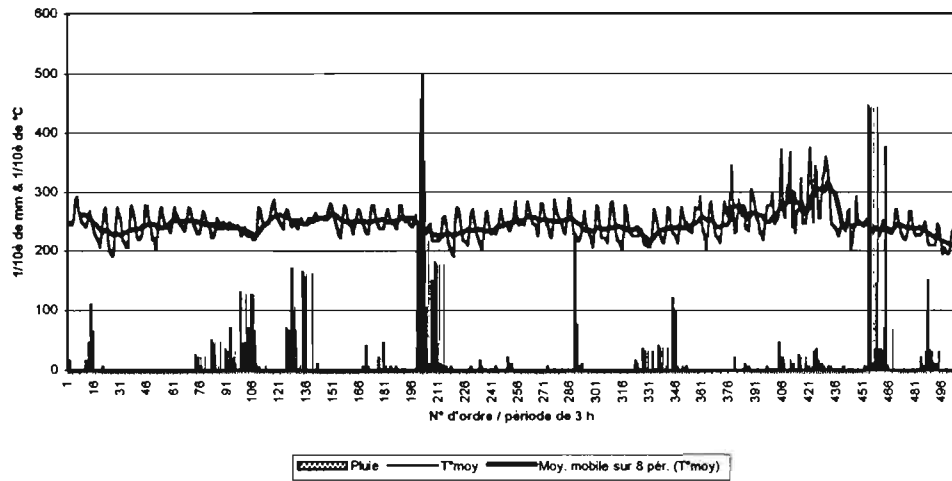
Sarraméa : 10.xi.1998 au 12.i.1999



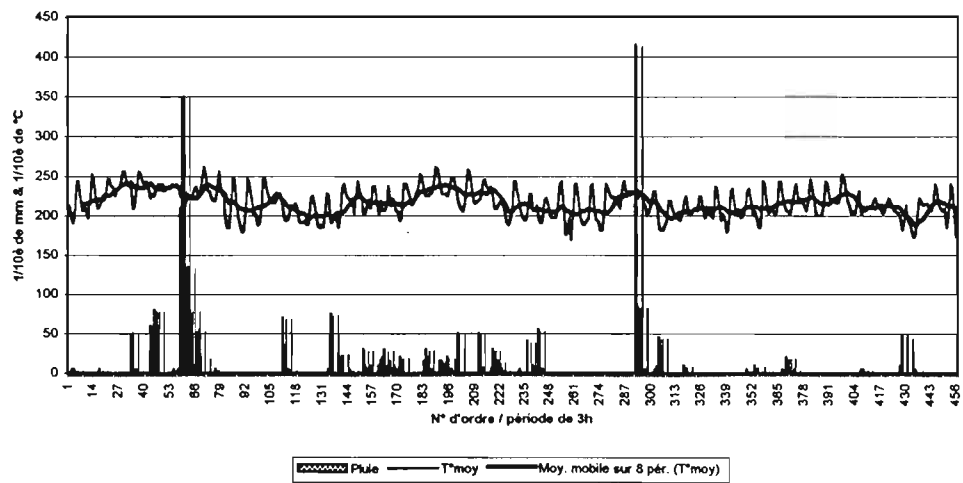
Touaourou : 11.i au 10.iii.1998



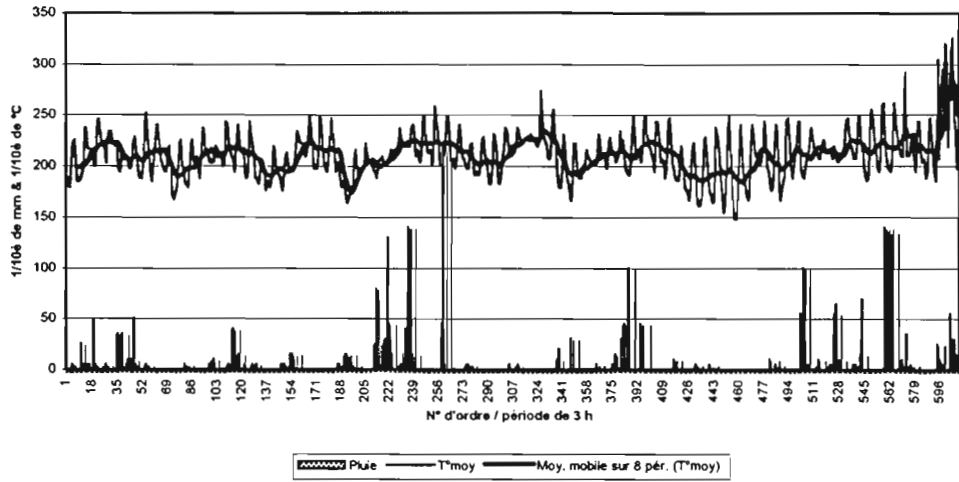
Touaourou : 11.iii au 12.v.1998



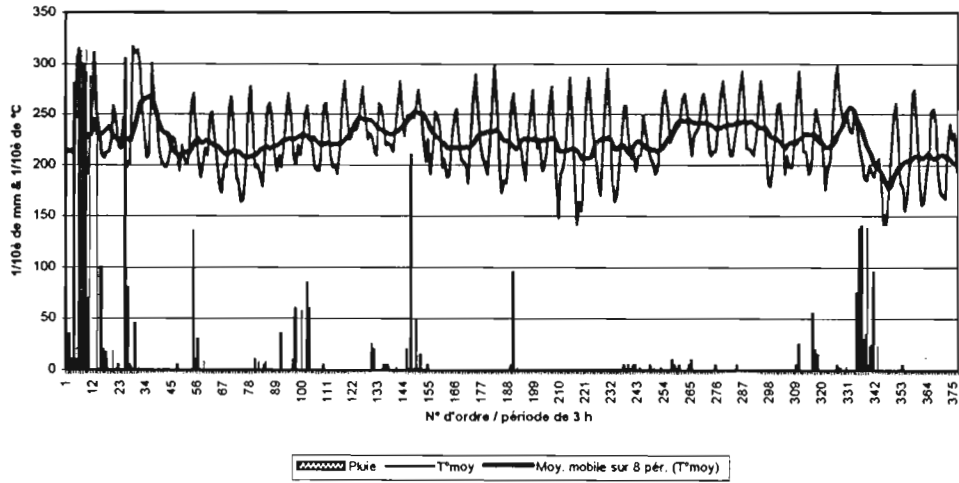
Touaourou : 13.v au 8.vii.1998



Touaourou : 9.vii au 22.ix.1998



Touaourou : 23.ix au 8.xi.1998



Touaourou : 9.xi.1998 au 11.i.1999

