

SUR LA TRANSMISSION D'ISOTOPES RADIO-ACTIFS ENTRE DEUX FOURMILIÈRES D'ESPÈCES DIFFÉRENTES (*FORMICA RUFA* et *FORMICA POLYCTENA*)

par

Rémy CHAUVIN, Guy COURTOIS et Jacques LECOMTE

(Station de Recherches Apicoles, Bures-sur-Yvette, Seine-et-Oise, et Section d'Application
des Radio-éléments, Centre d'Études Nucléaires de Saclay, Seine-et-Oise.)

L'un de nous (CHAUVIN, 1957-1960) étudiant depuis 6 ans de nombreuses fourmilières qui se trouvent dans un bois près d'Épernon (Eure-et-Loir), le terrain nous a paru convenir pour des marquages de Fourmis à l'aide d'isotopes radio-actifs. Une grosse fourmilière appartenait à l'espèce *polyctena*, une dizaine d'autres, plus ou moins proches de la première, étaient des *rufa*, beaucoup moins populeuses.

Description de la fourmilière de « polyctena ».

C'est elle que nous avons décidé de marquer d'abord. Elle se trouve à flanc de coteau, au milieu d'un taillis assez dense de chênes, de châtaigniers et de peupliers. Elle est extrêmement populeuse, et le bruit des Fourmis marchant sur les feuilles mortes s'entend facilement à distance. Le plan ci-joint montre les pistes où se déplacent les très nombreuses Fourmis (4 à 5 passages à la seconde sur certaines pistes). Leur longueur totale dépasse 200 m. Non seulement le nid ne forme pas de dôme, mais il ressemble plutôt à une cuvette légèrement excavée dont le fond serait tapissé de brindilles. Au centre un coup de pioche permet de découvrir une très vieille souche complètement évidée dont il ne reste presque rien. Le sol lui-même doit être creusé de nombreuses galeries, car on le sent céder sous le pied aux abords immédiats de la fourmilière.

Il nous semble qu'on pourrait évaluer la population du nid à plusieurs millions d'individus, chiffre qui est atteint assez souvent, on le sait, par les grands nids polygynes de *polyctena*.

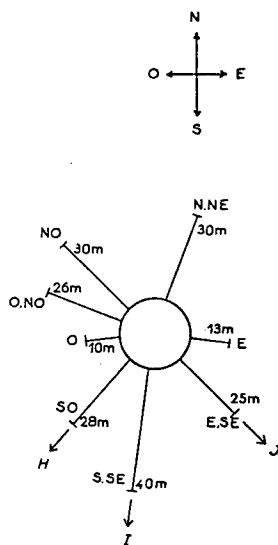


FIG. 1. — La fourmilière de *polyctena* avec ses pistes. On a indiqué par des lettres (J, I, H) l'emplacement des fourmilières de *rufa* les plus rapprochées.

Quant aux fourmilières de *rufa*, certaines se trouvent singulièrement proches (une soixantaine de mètres) de *polycтена* ; il ne semble pas pourtant se produire de bagarres ; tout au moins n'en avons-nous pas observé. Toutefois, les dômes de *rufa*, observés depuis 5 ans, sont restés curieusement petits, inférieurs, semble-t-il, aux standards normaux de l'espèce. S'agirait-il d'une concurrence vitale, tous les pins qui pourraient héberger des pucerons à miellat étant largement occupés par *polycтена* ?

Les techniques de marquage et de détection.

Nous avons marqué vers 19 h 30, le 15 mai 1961, la fourmilière de *polycтена* avec 50 mc d'or radio-actif (^{198}Au , solution colloïdale standard du CEA) mélangés à 50 cm³ d'une solution sucrée très épaisse, versée sur la surface de la fourmilière. Les Fourmis ont commencé à s'y intéresser immédiatement. Notons que, si l'on considère la colonie comme peuplée de 1 million d'individus (mais ce doit être inférieur à la réalité) et si l'activité initiale se répartit entre toutes les fourmis d'une manière égale (ce qui est assez problématique d'après GOSSWALD et KLOFT), nous arrivons à une activité de 0,05/ μc fourmi qui reste encore aisément décelable par les deux moyens de détection utilisés. En effet, cette activité représente 1 870 désintégrations par seconde. Avec le moins sensible de nos détecteurs (sonde portative, voir plus loin), cette activité sera comptée avec un facteur géométrique de 0,4 et une efficacité de détection de 0,5 environ, soit donc un signal net de 374 dés/s. On peut admettre que le minimum décelable par ledit appareil sera de 4 chocs par seconde, soit environ 100 fois moins que la valeur citée plus haut, soit 0,0005 μc . Ces estimations ne tiennent naturellement pas compte de la décroissance due à la période radio-active ($T_a = 2,8 \text{ j}$) et à la période biologique T_b inconnue, entraînant une période apparente $T : \frac{1}{T} = \frac{1}{T_a} + \frac{1}{T_b}$.

Sur le terrain, des relevés *avant marquage* (pour le bruit de fond) et après marquage ont été réalisés avec le scintillomètre portatif à sonde marque Victoreen « Scintillac » EB 641 équipé d'un cristal détecteur INa (Tl) de diamètre = 1" 1/4 et de hauteur 1" 1/2.

Après marquage toutes les détections ont été réalisées à l'aide de l'ensemble portatif, comme on vient de le dire, mais aussi avec un ensemble de comptage constitué d'un DCS 1 à cristal creux, préampli GABON, protégé par un château de plomb de 5 cm d'épaisseur, et d'une échelle de comptage de 1 000 à THT incorporée. Le cristal creux avait les caractéristiques suivantes : dimensions 1" 3/4 $\times$ 2", puits 21/32" $\times$ 11/8". Une expérience préliminaire a montré pour une THT de 1 300 V l'existence d'un pseudo-palier d'au moins 5 V sur le seuil de discrimination (10 à 15 V). Ce pseudo-palier assure une bonne stabilité de comptage. Lorsque nous employons l'expression cpm bruts, cela s'entend avec bruit de fond inclus ; cpm nets signifie avec bruit de fond déduit.

Résultats.

Le mardi 16 à 9 heures, les Fourmis du centre du nid provoquent la saturation du détecteur ; au bord de la fourmilière on obtient encore 91 000 cpm.

Prélèvement sur les chemins du n° 1 au n° 8.

SITE.	COMPTAGE 1 MN CPM BRUTS.	NOMBRE DE FOURMIS COMPTÉES.	BRUIT DE FOND.
1 extrémité	20 160	20	
2 extrémité	3 040	20	345
3 milieu	34 600	20	
3 extrémité	848	15	
4 milieu	19 850	15	
4 extrémité	6 400	15	
5 milieu	87 400	15	313
6 milieu	22 300	20	
6 extrémité	12 190	15	
7 milieu	9 370	20	
7 extrémité	470	15	318
8 milieu	1 270	15	
8 extrémité	810	15	

On notera l'extrême divergence des résultats ; à l'heure indiquée, l'activité du milieu est toujours plus grande que celle des extrémités des pistes ; ce qui signifie que l'isotope est seulement en cours de répartition.

Cette inégalité de répartition de l'isotope s'atténue d'ailleurs avec le temps ainsi que le montrent les mesures individuelles effectuées sur un lot de 19 Fourmis prélevées sur la piste n° 3, le mercredi 17 à 9 h 30 :

FOURMI. N°.	CHOCs BRUTS PAR MN.	N°.	CPM.	N°.	CPM.	N°.	CPM.
1	1 239	6	598	11	580	16	413
2	623	7	629	12	2 525	17	266 715
3	640	8	493	13	404	18	622
4	487	9	453	14	898	19	1 013
5	613	10	1 069	15	1 354		

soit 16 sûrement actives ; 2 sûrement inactives, et 1 douteuse. On peut remarquer qu'en dehors d'une Fourmi très active, la dispersion est faible : nous trouvons 6 Fourmis entre 550 et 650 et 13 entre 540 et 1 100. A noter la présence d'une Fourmi extrêmement active (on peut évaluer son activité à 0,5 μ c). La dispersion est beaucoup moins forte que la veille ; mais notable néanmoins ; il faut remarquer que l'inégalité d'absorption de la nourriture paraît très fréquente chez les Insectes sociaux ; en tout cas LECOMTE avec les isotopes et LENSKY avec l'eau ont mis en évidence des phénomènes tout à fait analogues chez les abeilles (travaux en cours de publication).

La répartition de l'activité sur le corps des « polycтена ».

Le tube qui a servi aux mesures dans le cas de la Fourmi hyperactive n'est pas pollué (423 cpm pour un bruit de fond de 412 cpm), donc la Fourmi n'est pas contaminante et l'activité est interne. Tête, thorax et abdomen ont été séparés et comptés individuellement : la tête donne 490 cpm bruts le thorax 427 et l'abdomen 257 000 soit, 99,9 % du total.

Il était donc probable que, si les Fourmis se souillent d'isotopes à la surface de leur corps au moment où elles l'absorbent, les activités de léchage si fréquentes chez cette espèce aboutissent très vite à emmagasiner toute l'activité dans l'abdomen. Nous avons voulu cependant pousser les choses plus loin et nous assurer d'une part que les pattes des fourmis ne sont pas contaminantes, et d'autre part que les chemins suivis par les Fourmis ne sont pas contaminés. Dans un premier lot d'une vingtaine de Fourmis prélevées sur une piste très active, les pattes ont été arrachées ou coupées sans précaution : alors le corps donne 6 405 cpm nets et les pattes 70, soit un rapport d'activité pattes/corps = 1 %. Dans un deuxième lot, les pattes ont été non plus arrachées, mais sectionnées avec précaution à l'aide de ciseaux d'ophtalmologiste : corps = 725 cpm nets, pattes = 0 ; pour un troisième lot, les résultats sont identiques.

Les matériaux des pistes sont-ils actifs ?

Au bout de la piste n° 3, un coton a été frotté contre le tronc du grand pin où elle aboutit, en prenant grand soin de ne pas écraser les nombreuses Fourmis qui y grimpent ; le coton avait été imbibé d'eau et de quelques gouttes de détersif : son activité a été reconnue nulle. Nous avons alors prélevé environ un litre des feuilles mortes sur lesquelles marchent les Fourmis avant d'atteindre le pin ; c'est une opération délicate, car il est très difficile de s'assurer qu'aucune Fourmi n'est mélangée aux feuilles. On trouve alors pour ces feuilles 441 cpm bruts, ce qui peut correspondre à une légère activité, mais il faut noter que la différence avec le bruit de fond est très faible et que la présence d'une seule fourmi dans les feuilles suffirait à l'expliquer.

La communication de l'activité aux fourmilières de « rufa » voisines.

Mais le point qui nous a paru le plus intéressant a été la découverte d'une activité faible mais nette dans trois fourmilières de *rufa* situées à une cinquantaine de mètre du nid de *polycтена*, à la suite du marquage de ces dernières, et de ces dernières seulement. A l'aide du détecteur portatif, on observe :

FOURMILIÈRE.	DATE : 17 (11 H 30).	(15 H).	(17 H).
—	—	—	—
A	25/25 cps	25/25	25/25
D	25/25	24/23,5	23,5/23,5
H	22/33	26/33	21/31
I	25/25	24/31	26,1/31,1
J	25/36	25/32	24,7/35,1

cps = chocs par seconde.

Le premier chiffre indique le bruit de fond à 1 m de la colonie, le 2^e, ce que donne le compteur lorsque la sonde est posée sur la fourmilière. Or, le mardi 16, à 9 heures, aucune fourmilière de *rufa* n'était active; à 12 heures, H l'était nettement et J commençait à l'être. A 17 heures, H et J étaient actives (H = 42 contre 25 bruit de fond). Enfin, le mercredi 17 à 9 heures, H = 25/30 (premier chiffre correspond au bruit de fond), J = 25/32 et I, devenue active = 25/35. Les autres fourmilières sont inactives. Ces mesures ont été réalisées avec la constante de temps maximum, soit 10 secondes, et les chiffres indiqués correspondent aux moyennes de 3 lectures. Dans ces conditions l'écart quadratique σ relatif $[\sigma(N)/N]$ est de l'ordre de 4 à 5 %, soit ± 1 cps (à 66 % de degré de confiance).

Au cours du dernier relevé, une vingtaine de lectures ont été faites pour chaque point, et on en a fait la moyenne arithmétique; les chiffres sont alors donnés avec une décimale.

Il faut noter un fait assez curieux: les oscillations de l'aiguille du « scintillac » au cours des mesures; l'activité varie presque continuellement. Ceci peut être dû à la présence intermittente de Fourmis radio-actives, mais le phénomène reste difficile à interpréter.

Évaluation de l'activité de Fourmis (« *F. rufa* ») avec l'ensemble EDITH.

Dans toutes ces expériences les fourmis au nombre approximatif d'un millier étaient prélevées sur la fourmillière et portées dans l'appareil.

		MARDI 16 (15 H)	MERCREDI 17 (10 H 30)
		cpm/temps de comptage.	cpm/temps de comptage.
BRUIT DE FOND. 1		416,4/15 minutes	412,0/20 minutes
2		407/5 minutes	—
A	Fourmis	426,4/5 minutes	
D	Fourmis	402,0/5 minutes	
H	Fourmis	442,6/5 minutes	429,1/35 minutes
	Brindilles	435,2/10 minutes	
	Linge posé sur la four- milière et imbibé d'acide formique		413,3/10 minutes
I	Fourmis		511,8/10 minutes
J	Fourmis	428,0/5 minutes	422,4/10 minutes
L	Fourmis	441,8/5 minutes	
	Fourmis	431,7/10 minutes	

Ainsi donc, à une seule exception près, celle de la fourmilière D, *tous les échantillons donnent un nombre de chocs supérieur au bruit de fond, et cela même dans le cas de la fourmilière L très éloignée de polycтена, et avec laquelle des échanges paraissent invraisemblables* (ce phénomène de l'activité des fourmilières éloignées est fort curieux et nous allons y revenir). Soit s le signal enregistré, N la moyenne de comptage du lot considéré, b la moyenne de comptage du bruit de fond

$$s = N - b.$$

On peut, en utilisant la formule $\sigma_s = \sqrt{\sigma_N^2 + \sigma_b^2}$, calculer l'erreur quadratique sur le signal s , ce qui donne $s = 14$ coups-minute et $\sigma(s) = 3,8$ coups-minute.

Pour que le signal soit nul, ce qui correspondrait à une activité nulle, il faut une variation du signal de $3,7 \sigma$. Or il n'y a pas une chance sur 1 000 pour que cela se produise. On doit donc admettre que les fourmilières présentent une activité certaine, mais faible. Cette faible activité peut être due, soit à la présence d'or radio-actif, mais cette explication n'est guère valable pour la fourmilière L, soit à une activité naturelle des Fourmis : présence de ^{40}K ou retombées radio-actives. Ce point reste à élucider avec un compteur à bas bruit de fond. Notons toutefois

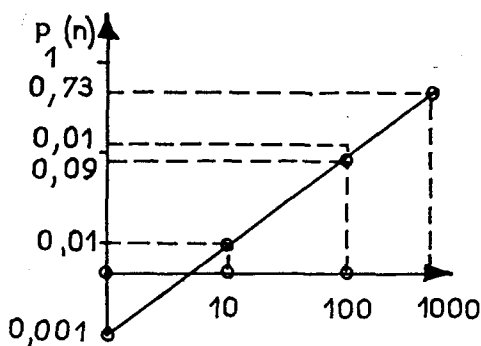


FIG. 2. — Explication dans le texte. En abscisses, nombre de fourmis actives dans la colonie.

Exemple : pour 1 seule fourmi active dans la colonie, la probabilité qu'elle soit présente dans un prélèvement de 1 000 fourmis n'est que de $1/1\ 000$.

que même avant le marquage nous avons été intrigués par les oscillations fréquentes du scintillomètre dès qu'il était posé sur une fourmilière alors qu'il reste stable sur le sol à 1 m de celle-ci. Notons aussi que *cette mise en évidence d'une faible radio-activité dans les fourmilières proches ou non de la colonie marquée n'influence en rien nos conclusions quant aux mesures effectuées non plus à l'aide du compteur EDITH mais à l'aide du scintillomètre portable* ; ces dernières mesures globales (et non plus effectuées seulement sur un échantillon de fourmis comme dans le cas du tableau précédent) montrent une activité indiscutable de H, I, et J, et pratiquement rien sur les autres nids de *Formica rufa*.

Les prélèvements de « Formica rufa » sont-ils représentatifs ?

Admettons, pour la facilité des calculs, que la population de chaque fourmilière soit de 1 000 000 d'individus et que chaque prélèvement corresponde à 1 000 individus (ce qui n'est pas éloigné de la vérité), et cher-

chons la probabilité p_n pour que, dans un tel prélèvement, il y ait au moins 1 fourmi active, en supposant qu'il y a n fourmis actives dans la colonie et que n est petit devant le nombre de fourmis de la colonie.

Dans ce cas, la probabilité pour qu'une fourmi soit inactive est : $1 - \frac{n}{1\,000\,000}$; et la probabilité pour que les 1 000 fourmis prélevées soient inactives est :

$$q_n = \left(1 - \frac{n}{1\,000\,000}\right)^{1\,000}$$

qui peut s'écrire :

$$q_n = \left[\left(1 - \frac{n}{1\,000\,000}\right)^{1\,000 \times \frac{1\,000}{n}} \right]^{\frac{n}{1\,000}}$$

$$q_n \simeq \exp. \left(-\frac{n}{1\,000}\right) \text{ puisque } \frac{n}{1\,000\,000} \text{ est faible.}$$

Dans ce cas, la probabilité cherchée p_n est :

$$p_n = 1 - q_n = 1 - \exp. \left(-\frac{n}{1\,000}\right)$$

La courbe représentative de cette fonction est donnée par la figure 2.

De cette courbe, il ressort que la probabilité envisagée est faible tant que le nombre n de fourmis actives est petit, et que, par suite, un tel prélèvement n'a que très peu de chance de représenter l'état réel de la fourmière. On peut donc dire que les procédés par échantillonnage sont faiblement représentatifs tant qu'il n'y a pas, dans la colonie, un nombre important de fourmis actives.

Discussion.

Si ces expériences se sont déroulées en 1961, il nous faut signaler cependant que nous les avons réalisées déjà en 1960 mais dans des conditions fâcheuses (il pleuvait à torrents). Quelques Fourmis (*polycтена*) se déplaçaient pourtant sous les feuilles des pistes. La colonie de *polycтена* avait été marquée en utilisant la même technique qu'en 1961. Nous avons alors remarqué le lendemain (25 mai 1960) une faible activité au scintillac (Victoreen 641) dans la colonie de *rufa* étiquetée J (35-37 cpm, bruit de fond 29-32), peut-être en D (23-24, bdf 20-21), en E (20-22, bdf 17-19) et, chose très curieuse, en L (23-25, bdf 18-20). (Rappelons qu'elle est si éloignée des *polycтена* que nous persistons à rejeter l'hypothèse des échanges, surtout par mauvais temps).

En 1961, le temps était fort beau au moment des expériences, et nos résultats sont beaucoup plus clairs. Il nous semble qu'on peut en tirer les conclusions suivantes :

La radio-activité est interne : c'est-à-dire qu'on peut rejeter l'hypothèse d'une contamination du corps par les produits radio-actifs; en effet, les pattes, la tête et le thorax sont inactifs, seul l'abdomen concentre tous les cpm, corrélativement les pistes elles-mêmes ne sont pas actives.

La radio-activité se transmet de polyctena à rufa. Il nous semble qu'on ne peut échapper à cette conclusion, sur la foi du scintillomètre. Quant à la manière dont cette transmission s'effectue, on peut envisager diverses hypothèses; nous excluons d'abord celle suivant laquelle les *rufa* pourraient se contaminer en traversant les pistes de *polyctena*: d'abord ces pistes elles-mêmes sont inactives, ensuite la population de *polyctena* qui s'y déplace est si dense qu'on ne voit pas la possibilité pour une Fourmi d'une autre espèce de les traverser sans se faire houspiller d'importance. Reste alors des attaques possibles des *polyctena* par les *rufa*, qui les dévoreraient et emporteraient ainsi dans leur colonie des matières radio-actives. Mais, d'après LANGE, ce serait plutôt *polyctena* qui attaquerait *rufa*; d'autre part, nous n'avons pu constater nous-mêmes ces attaques dans la nature. Peut-être aussi les *rufa* pourraient-elles emporter des matériaux de construction souillés des excréments radio-actifs de *polyctena*; nous sommes dans l'incapacité d'infirmer cette dernière hypothèse que nous considérons pourtant comme assez improbable. On pourrait penser aussi que les *rufa* fréquenteraient les mêmes pins que *polyctena* et lécheraient les mêmes pucerons pour en obtenir du miellat; mais nous n'avons pu jusqu'ici mettre en évidence des pistes de *rufa* se dirigeant vers les pins de *polyctena* et nous n'avons jamais vu de *rufa* sur le tronc de ces pins; nous pensons donc qu'il faut rejeter l'hypothèse d'une régurgitation de matières radio-actives auprès des pucerons, qui serait ensuite absorbée par les ouvrières de *rufa*; rappelons d'ailleurs que la tête d'ouvrières de *polyctena* très actives est elle-même complètement inactive.

Mais, en 1960, GOSSWALD et KLOFT ont découvert, par le moyen des radio-isotopes, des échanges entre Fourmis d'espèces différentes, appartenant toutes au genre *Formica* (*polyctena*, *rufa*, *pratensis*). Les échanges paraissent aussi faciles de *polyctena* à *rufa* que dans le sens opposé. Il est vrai qu'il s'agit ici d'expériences de laboratoire, entre de petits groupes de Fourmis que l'on réunit dans une enceinte de faibles dimensions. Ajoutons incidemment que ces échanges entre insectes sociaux d'espèces différentes ne sont pas sans exemple ailleurs que chez les Fourmis: c'est ainsi que l'*Apis mellifica* peut échanger de la nourriture avec des ouvrières d'*Apis indica*.

Nous retiendrons donc cette dernière hypothèse des échanges buccaux entre les deux espèces dans les conditions naturelles. On peut l'étayer de deux arguments. 1° C'est la seule pour laquelle parle l'expérience, même si elle s'est déroulée au laboratoire; 2° la transmission de la radio-activité à *rufa* est rapide et peut être considérée comme réalisée au bout d'une quinzaine d'heures après le marquage.

Il reste enfin le problème de la radio-activité « spontanée » des fourmilières telle qu'on peut la mettre en évidence avec des appareils très sensibles.

Des études en cours semblent montrer que cette radio-activité serait due au ^{40}K isotope naturellement radio-actif.

Résumé.

Les *Formica polyctena* qui ont reçu un radio-isotope (or radio-actif) l'ingèrent rapidement et peuvent le transmettre aux fourmilières voisines de *Formica rufa*. La radio-activité se localise dans l'abdomen des Fourmis. Il est probable qu'il s'agit d'un échange par voie buccale. Les fourmilières présentent souvent, *avant tout marquage*, une certaine radio-activité très faible, et due sans doute d'après des recherches en cours, à la présence naturelle de potassium dont l'isotope 40 est naturellement radio-actif.

Summary.

When a radioisotope is given to *F. polyctena* field nests the ants become active after a few hours ; the activity is localized in abdomen only ; it can be transmitted to *rufa* nests in the neighbourhood. An oral exchange from *polyctena* to *rufa* is considered as a probable hypothesis. Ants nests show in many occasions, *before* radio-active tracer is given to, a small degree of activity, still unexplained.

Zusammenfassung.

Die Ameisen (*Formica polyctena*) die man mit einem Radioisotop (Radio-Gold) gefüttert hat zeigen nach kurzer Zeit eine messbare Radioaktivität welche an Nachbar-Völker der *Formica rufa* Art übertragen wird. Die Radioaktivität liegt am Abdomen der Ameisen. Es handelt sich wahrscheinlich um einen Futteraustausch. Die Ameisenvölker zeigen oft, auch vor der Fütterung mit Radioisotopen, eine schwache natürliche Radioaktivität dessen Ursache noch ungeklärt bleibt.

BIBLIOGRAPHIE

- CHAUVIN (R.), 1959. — La construction du dôme chez *Formica rufa* (III, *Ins. Soc.*, VI, 307-41).
- GOSWALD (K.) et KLOFT (W.), 1960. — Untersuchungen mit radioaktiven Isotopen an Waldameisen (*Entomophaga*, V, 33-43).
- LANGE (R.), 1960. — Ueber die Futterzweigabe zwischen Angehörigen verschiedener Waldameisen (*Z. Tierpsych.*, 17, 389-402).
-