

## CONSERVATION DES AMANDES DE TOURNESOL - ASPECTS MICROBIOLOGIQUES ET BIOCHIMIQUES

Mme POISSON J., CAHAGNIER B., CHANET M. et Meile BILLAUD J. (France)

Au niveau des huileries, le débit de l'atelier de décortiquage des amandes de tournesol n'a pas un rendement suffisant pour alimenter en continu l'atelier de trituration ; augmenter la capacité de l'installation de décortiquage serait trop onéreux ; par contre, il serait souhaitable que l'huilier puisse disposer d'un stock d'amandes, le décortiquage pouvant être alors étalé dans le temps à l'usine, ou mieux, à la coopérative, ce qui, de plus, réduirait les quantités à transporter et supprimerait l'encombrement de l'usine par les coques.

L'amande de tournesol est considérée comme étant un matériel très fragile, difficile à maintenir dans un état satisfaisant après le décortiquage sans que cette notion soit étayée par des travaux sur la conservation des amandes décortiquées pendant la durée d'un éventuel stockage, plus ou moins prolongé, entre le décortiquage et la trituration.

Néanmoins, il existe un certain nombre d'études relatives à l'évolution quantitative et qualitative de la mycoflore propre des amandes non décortiquées et à l'acidification de leur matière grasse en fonction des conditions d'entreposage des graines entières. Connaissant ces conditions et l'état des graines entières, il est possible d'en déduire des renseignements sur l'état des amandes décortiquées et sur leur aptitude au stockage, puisque, comme les céréales, par exemple, elles sont susceptibles de s'altérer d'autant plus vite qu'elles ont déjà subi un début de dégradation (CHRISTENSEN, 1965).

La mycoflore des amandes obtenues après désinfection superficielle des akènes, comporte une moins grande diversité d'espèces que la graine entière. On note la présence constante de Mucor, de Rhizopus, de Fusarium, d'Alternaria, et d'espèces de stockage : Penicillium et Aspergillus. En années humides, on retrouve sensiblement les mêmes moisissures qu'en années sèches, mais avec une fréquence accrue, le Botrytis cinerea se trouve alors en abondance (CHAMPION R., 1964 ; AVELANAS L., 1964). Si cette mycoflore trouve des conditions favorables à son développement, elle devient un facteur important d'altération, aussi CHRISTENSEN (1969) a-t-il étudié les évolutions concomitantes des moisissures de la graine et de l'amande ; en général, une forte augmentation du niveau de pollution de la graine entraîne celui de l'amande, mais à un degré moindre, et s'accompagne d'une diminution du pouvoir germinatif. Lorsque la coque est intacte, c'est elle qui, la première, est occupée par la mycoflore, l'amande restant protégée au début, puis à la longue les filaments mycéliens la pénètrent et attaquent également l'amande (GUILBOT et POISSON, 1966).

Par ailleurs, les évolutions de la microflore des grainés et de l'acidité de la matière grasse ont été suivies en fonction des conditions hydro-thermiques de stockage. En atmosphère libre, aux humidités

relatives élevées, il existe une bonne corrélation apparente entre l'importance de la population fongique et l'acidité, mais aux basses teneurs en eau, une acidification lente se produit alors que la population microbienne régresse. En atmosphère confinée, l'acidification, bien que lente, est une fonction croissante de la teneur en eau et se produit également en l'absence de tout développement microbien (GUILBOT et POISSON, 1965 et 1966 ; MASSON, 1969).

Ces différentes données permettent seulement de prévoir approximativement quelle sera la qualité des amandes à l'issue du stockage des graines ; aussi, avons-nous cherché à les compléter en tentant de déterminer, au cours d'essais encore fragmentaires, la durée probable de bonne conservation des amandes décortiquées, compte-tenu des facteurs d'ambiance auxquels elles sont soumises et de diverses caractéristiques telles que leur degré de maturité, leur granulométrie, leur acidité, leur charge microbienne initiale et la date de décortiquage... Afin de réduire les paramètres, nous avons limité nos investigations aux conditions de stockage qui, à priori, ne doivent pas favoriser la prolifération des microorganismes.

#### MATERIEL BIOLOGIQUE UTILISE - MODE OPERATOIRE ET METHODES D'ANALYSE

Les essais réalisés de 1960 à 1968 et en 1971 portent sur des amandes de tournesol provenant de graines appartenant aux variétés B 65-40, V 88-83, gris strié de Provence, Issanka, Peredovick, INRA 65-01.

Les graines sont récoltées dans différentes régions productrices françaises, soit 15 jours avant maturité, soit à maturité.

Elles sont décortiquées à l'issue d'un stockage de 2 à 7 mois sous une humidité relative voisine de 60 - 65 % à une température de 13° - 15°C. Mais, afin d'obtenir des amandes de teneur en eau échelonnée de 4,15 à 11,2 %, certains lots d'akènes ont dû être réhumidifiés 3 jours avant le décortiquage, jusqu'à des teneurs en eau variant de 6,6 à 13,4 % sh (substance humide). Seuls les akènes destinés à l'essai réalisé en 1962 ont été réhumidifiés un mois avant décortiquage dans le but de provoquer un début de dégradation de l'amande.

Les indices d'acide des amandes, lors de la mise en expérience, varient de 0,4 à 1,2 pour les graines mûres, et de 2,3 à 4 pour les graines récoltées avant maturité.

Le nombre de bactéries par gramme d'amandes va de 1 000 à 500 000 et celui des moisissures de 160 à 30 000.

Des amandes entières, triées à la main, de gros fragments d'amandes refusés à la grille de 3,75 mm ("brisures") et de petits fragments ("fines"), passant au travers de ce tamis, sont stockés séparément en atmosphère renouvelée et en atmosphère confinée aux températures de 13 - 15 - 20 - 22 et 35°C suivant les cas (tableau 1).

Pour les expériences effectuées en atmosphère libre, les amandes ou les brisures sont placées dans des sachets en tulle de nylon, introduits dans des enceintes thermorégularisées, balayées par un air conditionné à des humidités relatives de 50, 60 et 75 % (MULTON et GUILBOT, 1968). Pour les expériences poursuivies en atmosphère confinée, les amandes sont stockées dans des récipients en verre d'un litre hermétiquement fermés.

Au cours du stockage, les échantillons prélevés sont soumis aux analyses ou examens suivants :

- détermination de la teneur en eau (par séchage à 102°C pendant 8 et 12 heures) suivant la norme AFNOR NFV 03903.
- détermination de l'indice d'acide par la méthode AFNOR (NF V 03906). Les résultats sont exprimés en mg de potasse nécessaire à la neutralisation des acides gras libres d'1 g d'huile.
- dénombrement des populations bactériennes et fongiques des amandes, par broyage aseptique de 25 g d'amandés dans 200 ml de diluant, dilutions et ensemencements sur milieux nutritifs suivant la méthode décrite pour le maïs (POISSON et CAHAGNIER, 1971).

Tableau 1 - CARACTERISTIQUES DES LOTS D'AMANDES UTILISES  
ET CONDITIONS EXPERIMENTALES

Récolte	Début des essais	Caractéristiques initiales des amandes						Conditions de stockage des amandes		
		Variété	Taille	Teneur en eau %	Acidité	Microflore		Température en °C	HR % réalisées	Atmosphère
Bactéries $\times 10^3/g$	Moississures $\times 10^3/g$									
1959	17.3.60	gris strié Provence	entières brisures	4,4 4,6	0,8 0,8	320	30	22 35		confinée
1960	29.5.61		entières	6,45 8,8 11,2	1,2	27 75 174	2,4 2,8 0,75	15 22 35		confinée
1962	21.12.62	Bulgare 6540	brisures fines brisures grosses	4,15 5,2 4,25 6,2	0,9 1,5 0,7 0,8	65 21,5 45 2 000	0,33 0,31 3,3 2,3	13 22 35		confinée
"	"		brisures fines brisures grosses	idem	idem	idem	idem	13 22	53 75 45 72,5	renouvelée
1964	6.1.65 11.3.65 12.5.65	VNIIMK 8883	entières	{6,25 7,25 5,00 7,00 4,7 6,7	{0,5 1 0,4 0,6 1 1,1	{52 40 1,6 1,75 1,1 1,5	{3,8 2,9 0,16 0,23 0,29 0,33	{13 22	{62 75 58 75	renouvelée et confinée
1967	29.2.68	SSAN KA	(entières) (immatures) (à maturité) (immatures) (à maturité)	4,5 6,5-7	3 1,30 5 2,2			22	55 75	renouvelée et confinée

En outre, les courbes isothermes de sorption des graines entières, de la coque et des amandes, ont été établies par la méthode décrite par MULTON et GUILBOT (1967).

RESULTATS OBTENUS ET DISCUSSION

1 - Importance de la charge microbienne des amandes décortiquées de tournesol

a) Bactéries

Au cours des cinq années d'expérimentation, les valeurs trouvées pour le nombre de bactéries par gramme d'amandes après décortilage, s'étendent de  $1.100$  à  $2.10^6$  :

- 27 % des échantillons renferment de 1 000 à 10 000 bactéries par gramme
- 40 % de 10 000 à 50 000
- 20 % de 50 000 à 100 000
- 13 % plus de 100 000.

La charge bactérienne des amandes est moins élevée que celle des graines dont 80 % ont une population supérieure à 100 000 bactéries par gramme. La population bactérienne des amandes décortiquées est d'autant plus faible que la durée de stockage des akènes est plus longue et que leur teneur en eau est plus basse. Ainsi, les amandes décortiquées en Mars 1964 ont une population 30 fois moins importante que celle du même lot décortiquées 3 mois plus tôt ou que celles d'autres lots plus humides (1960).

#### b) Moisissures

Les valeurs du nombre de moisissures par gramme d'amandes juste après décorticage s'étendent de 180 à 30 000 :

47 % des échantillons renferment moins de 1 000 germes au gramme,  
47 %, de 1 000 à 5 000,  
6 %, plus de 5 000,  
tandis que, dans 90 % des lots examinés, la population fongique des graines est supérieure à 5 000 germes par gramme.

Aux populations bactériennes les plus importantes correspondent en général les nombres de germes fongiques les plus élevés. Plus le laps de temps qui sépare la récolte du décorticage ou plus les conditions de stockage des graines sont défavorables, plus la proportion d'espèces fongiques de stockage, surtout de Penicillium, est élevée.

## 2 - Evolution de la microflore et de l'indice d'acide des amandes en fonction des caractéristiques du stockage et de l'amande

### a) Courbe isotherme de sorption et durée de bonne conservation

La connaissance des isothermes de sorption d'un produit permet de prévoir approximativement son évolution microbiologique, enzymatique et chimique, en fonction des conditions hydriques de stockage ; en effet, l'humidité relative d'équilibre (HRE) d'un substrat est un facteur qui influe d'une façon importante sur la nature et l'intensité des dégradations dont il peut devenir le siège.

Sur la figure 1 se trouvent tracées les courbes isothermes (25°C) de sorption de vapeur d'eau de graines entières, de coques et d'amandes de deux variétés de tournesol : INRA 65-01\* et B 65-40\* ; courbes qui représentent l'équilibre entre la teneur en eau du produit et l'humidité relative de l'air.

Les courbes isothermes de sorption des coques et des graines entières sont plus élevées que celles des amandes, ce qui signifie que, pour une même humidité relative de l'air, la teneur en eau des amandes (riches en huile, matière hydrophobe), est plus faible que celle des graines entières et des coques (riches en cellulose, matière hydrophile).

Les zones de développement des microorganismes y sont indiquées ainsi que les zones d'activité enzymatiques et chimiques. Les bactéries ordinaires exigent une HRE supérieure à 0,91, ce qui correspond à une humidité relative de l'atmosphère de 91 % (soit à une teneur en eau des amandes, voisine de 10,2 %), valeur qui s'abaisse jusqu'à 75 - 70 % pour les bactéries osmophiles et halophiles. Le développement des levures ordinaires ne s'observe qu'au-dessus de 88 % (teneur en eau des amandes voisine de 9,2 %), et celui des moisissures à partir de 70 - 75 % (teneur en eau des amandes voisine de 6 - 7 % ; teneur en eau des coques voisine de 15 %). Mais il n'est pas exclu qu'à des valeurs plus basses les amandes soient encore le siège d'un développement fongique, qui est alors tardif et de courte durée ; en effet, la multiplication de certaines levures osmophiles et la germination de certaines spores de moisissures ne demandent qu'une humidité relative minimale de 62,5 % (teneur en eau des amandes voisine de 5 %).

---

\* courbes isothermes établies par Mme DROUET à la Station de Biophysicochimie des Céréales de Massy.

Les activités enzymatiques commencent à se manifester, dans la majeure partie des cas, au dessus d'une humidité relative de 62,5 %. Néanmoins, selon ROTHE (1958) et DRAPRON (1961), certaines enzymes, comme les lipases, peuvent être activées à des humidités relatives voisines de 8 à 9 % et même plus basses encore (CAILLAT, 1970). Les oxydations sont à craindre à des humidités relatives inférieures à 20 %.

#### b) Microflore

##### - Bactéries

Dans les conditions de nos essais, les populations bactériennes des différents lots d'amandes diminuent en cours de stockage, aussi bien en atmosphère renouvelée qu'en atmosphère confinée. Cette régression est d'autant plus accentuée que les amandes ont été stockés moins longtemps et possèdent encore un nombre élevé de bactéries.

La figure 2 illustre l'évolution des bactéries dans des lots d'amandes ayant des teneurs en eau de 6,25 % et 7,25 %, stockés en atmosphère confinée ou renouvelée à 13°C et 22°C, 3 mois et 6 mois après la récolte.

##### - Moisissures

Dans les essais effectués sur amandes entières, le nombre de moisissures régresse pendant le stockage de façon d'autant plus prononcée que l'humidité relative et la température sont plus élevées. Comme dans le cas des bactéries, ce phénomène devient de moins en moins perceptible au fur et à mesure que la durée de stockage des graines s'allonge (figure 3).

Dans le cas de fins fragments d'amandes, on assiste, par contre, à une augmentation tardive, faible et passagère des moisissures, à des teneurs en eau oscillant entre 6,5 et 7,15 %, valeurs qui se trouvent sans doute à la limite de la zone hydrique de stabilité, comme l'avaient laissé prévoir les isothermes de sorption.

#### c) Acidité de la matière grasse des amandes

##### - Influence de la teneur en eau

En atmosphère renouvelée, lors d'essais de courte durée, effectués avec des lots d'amandes de teneurs en eau faibles et voisines l'une de l'autre, nous n'avons pas constaté de différence significative entre les vitesses d'acidification des amandes quand leur indice d'acide initial est bas. Par contre, si l'indice d'acide initial est déjà élevé, une augmentation de la teneur en eau, même légère, provoque une accélération de l'acidification ; autrement dit, si le processus de dégradation est amorcé, l'humidification l'accélère.

Le premier cas est illustré par la figure 4 (1) qui est celui d'un stockage de deux mois à 22°C, d'amandes ayant des teneurs en eau de 5 % et de 7 % et des indices d'acide initiaux de 0,4 et 0,6. La figure 4 (2) illustre le deuxième cas qui est celui de deux échantillons provenant d'un même lot ayant un indice d'acide de 1,5, l'un ayant une teneur en eau de 4,5 %, l'autre étant réhumidifié jusqu'à une teneur en eau de 6,5 %. Après 21 jours de stockage, l'acidité du premier n'est multipliée que par 1,25, tandis que celle du second est multipliée par 5,2.

En atmosphère confinée, la durée de l'expérimentation étant plus longue, il a été possible de mettre en évidence l'influence d'un faible écart des degrés d'hydratation, même à partir d'amandes ayant des indices d'acide initialement bas. Ainsi, à 22°C, l'indice d'acide des grosses brisures de teneur en eau égale à 6,2 % évolue de 0,8 à 3 en 139 jours, tandis qu'à une teneur en eau de 4,25 %, cette évolution se fait en 540 jours, donc environ 4 fois plus lentement (figure 5).

##### - Influence de la température

Plus la température de stockage est élevée, plus l'acidification des amandes est rapide, aussi bien en atmosphère renouvelée qu'en atmosphère confinée.

Par exemple, en atmosphère renouvelée, l'indice d'acide d'amandes ayant une teneur en eau de 6,2 % passe de 1 à 3 en 34 jours à 22°C et en 54 jours à 13°C (figure 6 - I). En atmosphère confinée, l'indice d'acide d'un lot ayant une teneur en eau de 4,15 varie de 1 à 3 en 70 jours à 35°C, en 170-180 jours à 22°C et en plus de 360 jours à 13°C (figure 6 - II), le  $Q_{10}$  semble être voisin de 2.

#### - Influence de l'atmosphère de stockage

Dans la majeure partie des essais effectués avec des amandes entières, nous n'avons pas constaté de différence significative entre les vitesses d'acidification en atmosphère renouvelée et en atmosphère confinée, ceci en raison de la courte durée des stockages réalisés en atmosphère renouvelée (un mois  $\frac{1}{2}$  environ) et des faibles valeurs des indices d'acide initiaux. La figure 7 illustre le cas d'amandes entières stockées à 22°C, leur indice d'acide étant de 0,6 et leur teneur en eau de 7 %.

Par contre, si l'amande est lésée, si elle a subi un début de dégradation, ou si son acidité est déjà élevée, un stockage prolongé met en évidence l'action protectrice de l'atmosphère confinée (figure 7 - II). Ainsi, à 22°C, des brisures ayant une teneur en eau de 6,2 % et un indice d'acide de 0,8, sont presque 7 fois plus acides en atmosphère renouvelée qu'en atmosphère confinée après 112 jours de stockage.

#### - Influence de l'acidité initiale

D'après ce que nous venons de voir, il est à noter que, comme dans le cas des graines, l'état initial de l'amande influe sur son aptitude au stockage ; ceci est confirmé par l'exemple suivant : à des taux d'hydratation voisins de 6,2 et 6,4 %, des amandes entières, ayant un indice de 0,5 après décortiquage, s'acidifient presque deux fois plus lentement que des amandes qui ont un indice d'acide de 1,2 (fig. 8).

#### - Influence de la date de décortiquage de la graine

Selon une opinion assez répandue, les amandes décortiquées au printemps s'acidifieraient plus vite que celles qui sont décortiquées en hiver, ce phénomène étant attribué à un facteur intrinsèque de la graine sensible au retour de la belle saison et non à un défaut de stockage. Les résultats de nos essais infirment cette hypothèse ; des amandes provenant d'un même lot (stocké à 20°C avec 7 % d'eau) s'acidifient à la même vitesse que les décorticages aient lieu en janvier, mars ou mai.

#### - Influence de la taille des brisures

L'acidification des amandes lésées ou des fragments est plus rapide que celle des amandes entières de même origine. Les petits fragments ("fines") s'acidifient plus vite que les gros ("brisures"). Par exemple, en atmosphère libre, les grosses brisures (refus au tamis 3,75) ont un indice d'acide qui double en 47 jours, tandis que celui des fines brisures subit la même évolution en 21 jours (figure 5 - I) ; le phénomène est identique en atmosphère confinée (figure 5 - II).

#### - Influence du degré de maturité des graines à la récolte

Soient des lots d'amandes de tournesol provenant des graines récoltées 15 jours avant maturité et à maturité, et ayant, au début du stockage, des teneurs en eau respectivement voisines de 4,5 % et de 6,5 à 7 %, les indices d'acides correspondants étant de 1,4 et de 2,3. Aux faibles teneurs en eau, les valeurs de l'indice d'acide des lots d'amandes immatures doublent en 3 semaines tandis que celles des amandes mûres doublent en 8 semaines, ceci aussi bien en atmosphère renouvelée qu'en atmosphère confinée. Aux teneurs en eau élevées, les valeurs de l'indice d'acide doublent en deux à trois semaines environ.

Les vitesses d'acidification dépendent donc surtout des conditions de stockage. Elles sont plus élevées aux teneurs en eau voisines de 7 % qu'aux teneurs en eau voisines de 4 %. Elles sont également plus élevées en atmosphère libre qu'en atmosphère confinée, ce dernier phénomène n'est évident que dans les lots les moins secs et seulement après 3 semaines de stockage. Il n'en reste pas moins que l'acidité des amandes immatures est constamment supérieure à celle des amandes mûres puisque initialement plus élevée (figure 9).

d) Durée de conservation

Les courbes d'évolution établies permettent de prévoir approximativement la durée de bonne conservation d'amandes décortiquées connaissant les conditions de stockage auxquelles elles sont soumises et un certain nombre de leurs caractéristiques. En l'absence de normes précises, la durée de conservation est calculée en fixant provisoirement à 3 la valeur de l'indice d'acide au delà de laquelle les amandes sont considérées comme dégradées. Les résultats obtenus sont consignés dans les tableaux 2 et 3.

Tableau n° 2

Stockage en Atmosphère Renouvelée

Référence Essai	t° de stockage en ° C	Caractéristique des amandes					Durée de conservation en jours (critère : indice d'acide = 3) évaluée d'après	
		entières	Brisées		Teneur en eau %	Indice d'acide initial	les résultats bruts	les courbes
			grosses	fines				
1962	13			+	4,15	0,9	< 121	73
				+	4,25	0,7	121 <	130
				+	5,2	1,5	< 121	33
				+	6,2	0,8	< 121	47
1965		+			6,25	0,5	41 <	160
		+			7,25	1	41 <	82
		+			5	0,4	55 <	
		+			7	0,6	55 <	
		+			4,7		49 <	
		+			6,7	49 <	110	
1962	22			+	4,15	0,9	35 < • < 55	36
					4,25	0,7	55 <	
				+	5,2	1,5	21 < • < 55	32
				+	6,2	0,8	55 < • < 112	75
1965		+			6,25	0,5	41 <	90
		+			7,25	1	41 <	48
		+			5	0,4	55 <	
		+			7	0,6	55 <	
		+			4,7		49 <	
		+			6,7	49 <	170	
1968		+			4,5	1,27	56	
		+			6,5	2,3	7 < • < 14	9

Tableau n° 3

Référence Essai	t° de stockage en °C	Caractéristiques des amandes					Durée de conservation en jours (Critère : indice d'acide = 3) évaluée d'après :	
		entières	brisées		Teneur en eau %	Indice d'acide initial	les résultats bruts	les courbes
			grosses	fines				
1961	13	+			6,45 8,8 11,25	1,2	70 < 23 < 70 ≤	80
1962			+	+	4,15 4,26 5,2 6,2	0,9 0,7 1,5 0,8	495 < • < 540 540 < 54 < • < 122 495 < • < 540	530 109 520
1965 I		+			6,25 7,25	0,5 1	47 < 156 <	104
II		+			5 7	0,4 0,6	55 < 48 <	
III		+			4,7 6,7		49 < 85 <	
1960	22	+			4,4 4,4 6,45	0,8 0,8 1,2	60 < 60 < < 23	17
1961		+			8,8 11,25		< 23 ≈ 70	16 60
			+	+	4,15 4,25 5,2 6,2	0,9 0,7 1,5 0,8	122 < • < 208 286 < • < 540 ≈ 54 122 < • < 208	150 ou 500 535 52 140
		+			6,25 7,25	0,5 1	47 < 58 <	70 64
1965 II		+			5 7	0,4 0,6	55 < 48 <	
III		+			4,7 6,7		49 < 49 <	80
1968		+			4,5 7,5	1,27 2,3	60 14 < • < 21	16
1960	35	+			4,4 4,4	0,8 0,8	45 < 45 <	
1961		+			6,45 8,8 11,25	1,2	< 23 " " " "	15 10 19
1962			+	+	4,15 4,25 5,2 6,2	0,9 0,7 1,5 0,8	70 ≤ 122 < ≈ 21 54 < • < 70	



Dans les cas où l'essai n'a pas été prolongé jusqu'à ce que l'acidité seuil soit atteinte, les valeurs indiquées dans les tableaux sont inférieures aux durées réelles de conservation, par exemple : des amandes ayant un indice d'acide inférieur ou égal à 0,6 au moment du décorticage et une teneur en eau de 7 % environ, se conservent bien pendant 55 jours ou moins à 22° en atmosphère renouvelée (tableau 2).

Dans les cas où les analyses n'ont pas été assez fréquentes pour déterminer exactement le moment où l'indice d'acide atteint la valeur de 3, les limites inférieures et supérieures entre lesquelles se trouve la durée réelle de conservation sont alors indiquées dans les tableaux; dans ce cas elle est évaluée graphiquement; mais il n'est pas toujours possible de faire cette extrapolation; en effet, les pentes des courbes d'évolution de l'acidité grasse peuvent varier brusquement.

Ce phénomène d'augmentation rapide du coefficient angulaire des courbes d'évolution de l'indice après une phase presque stationnaire et prolongée a également été observé avec du colza; il rend toute prévision à long terme impossible alors que dans le cas des graines de coton décortiquées, au contraire, HARRIS (1967) a montré que l'augmentation de l'acidité en fonction de la durée de stockage est une droite en coordonnées logarithmiques, ce qui permet de prévoir l'évolution de l'acidité d'un lot et son aptitude au stockage connaissant deux points au début de la droite.

En ce qui concerne les amandes de tournasol, nous n'avons pu établir une pareille relation.

A partir des résultats expérimentaux obtenus, un diagramme de conservation des grosses et fines brisures, a été ébauché (Fig 10) pour des températures de stockage de 13°C et 22°C; le cas des amandes entières non lésées n'est pas illustré car elles ne sont obtenues au décorticage, qu'en très faible proportion.

Susceptible d'être utilisé dans la pratique, ce diagramme est plus facilement exploitable que le tableau précédent.

Les courbes isothermes de conservation partagent le plan en deux régions, une zone de stabilité à leur gauche, et une zone d'instabilité à droite.

Par exemple, d'après les courbes de conservation, de grosses brisures ayant une teneur en eau de 5%, stockées à 13°C en atmosphère libre, devraient se conserver pendant 35 jours.

## CONCLUSION

Cette étude, bien que partielle, a permis de constater que l'amande de tournasol n'est pas un matériel aussi fragile qu'on l'avait pensé jusqu'alors puisqu'il peut être conservé dans un état satisfaisant pendant plusieurs mois, à condition que soient prises un certain nombre de précautions : stockage à de faibles teneurs en eau (inférieures à 6%) et à températures assez basses (inférieures à 22°C).

La durée de conservation en atmosphère confinée est nettement supérieure à la durée de conservation en atmosphère libre, dans le cas où les amandes sont déjà quelque peu dépréciées; brisées, humides ou un peu acides, donc dans les conjonctures les plus fréquemment rencontrées dans la pratique.

La durée de conservation est influencée par le moment de la récolte dans la mesure où l'indice d'acide des graines est plus élevé; par contre, la durée de conservation ne dépend pas de l'époque où le décorticage est effectué, si les conditions hydrothermiques du stockage ultérieur sont contrôlées et maîtrisées.

## BIBLIOGRAPHIE

AVELANAS L. (1964) - Recherche sur la flore fongique des semences de tournasol *Helianthus annuus*. DES, faculté des sciences Paris.

- CAILLAT J.M. (1970) - Contribution à l'étude de la lipase du blé. Isolement caractéristiques de son action en milieu aqueux et peu hydraté. Thèse de docteur ingénieur. Faculté des Sciences de Paris.
- CHAMPION R. (1964) - Technique d'étude de la microflore fongique des semences de tournesol. Application aux problèmes de conservation et de désinfection des semences. Mémoire présenté à la chaire du CNAM.
- CHRISTENSEN C.M., KAUFMANN H.H. (1965) - Détérioration of stored grains by fungi. Annu. Rev. phytopathol. 69 - 84.
- CHRISTENSEN C.M. (1969) - Factors affecting invasion of sunflower seed by storage fungi. Phytopathology, 59, 11, 1699 - 1702.
- DRAPRON R. (1961) - Contribution à l'étude des réactions enzymatiques dans les milieux biologiques peu hydratés. Thèse ingénieur CNAM Paris.
- GUILBOT A., POISSON J. (1968) - L'évolution de l'acidité des graines oléagineuses au cours du stockage. Inf. tech. CETIOM. (174 Av. Victor Hugo Paris 16<sup>e</sup>) 8, 17 p.
- GUILBOT A., POISSON J. (1966) - Evolution de la microflore des graines oléagineuses métropolitaines. Influence sur l'acidité de l'huile. Journée d'étude sur l'altération des graines oléagineuses ; moyens d'y remédier et conséquences. 15 Mars I.T.E.R.G. (5, Bd de Latour Maubourg - Paris 7<sup>e</sup>) 11 - 21.
- HARRIS W.B., CECILWAMBLE A. - Détérioration of cottonseed meats during storage. J. Amer. Oil chem.Soc., 1967, 44, 7, 457 - 459.
- MASSON C.G. (1969) - Le comportement de certaines graines oléagineuses en atmosphère de gaz carbonique. 184 p. CETIOM, 174 Av. Victor Hugo - Paris 16<sup>e</sup>.
- MULTON J.L., GUILBOT A. (1967) - Méthode de détermination rapide des isothermes de sorption de vapeur d'eau. Ann. Technol. Agri. 16, (1), 5 - 25.
- MULTON J.L., GUILBOT A. (1968) - La régulation de l'humidité relative dans les cellules de faible volume. Industr. Alim. agr., 4, 405 - 414.
- POISSON J., CAHAGNIER B. (1972) - Aspect microbiologique de la conservation du maïs grain humide par l'acide propionique. Ann. Technologie Agr. (sous presse).
- ROTHER M., (1958) - Eigenschaften und Reaktionsverhalten pflanzlicher Samenlipase im natürlichen Milieu. Ernährungsforschung, 3, 1, 21 - 40.

#### REFERENCES DES FIGURES

- Fig 1 Isotherme de sorption de vapeur d'eau à 22°C, 1 - de la coque, 2 - de la graine entière (akène), 3 - de l'amande décortiquée. Indication des zones d'action du facteur humidité relative sur les principales causes d'altération.
- Fig 2 Evolution du nombre de bactéries dans des lots d'amandes ayant des teneurs en eau de 6,25 et 7,25 % à 13°C et 22°C, au cours de stockage en atmosphère renouvelée (A.R.) et confinée (A.C.), le décorticage étant effectué 3 mois (I) et 6 mois (II) après la récolte.

- Fig 3 Evolution du nombre de moisissures dans des lots d'amandes ayant des teneurs en eau de 6,25 et 7,25 % à 13°C et 22°C, au cours de stockage en atmosphère renouvelée (A.R) et confinée (A.C), 3 mois (I) et 6 mois (II) après la récolte.
- Fig 4 Influence de la teneur en eau des amandes sur leur acidification à 22°C en atmosphère renouvelée.  
I faible indice d'acide initial.  
o teneur en eau 5 %  
\* teneur en eau 7 %  
II indice d'acide initial élevé  
o teneur en eau 4,5 %  
+ teneur en eau 6,5 %
- Fig 5 Influence de la teneur en eau et du degré de fragmentation des amandes sur leur acidification à 22°C.  
I en atmosphère renouvelée  
II en atmosphère confinée  
" fines - teneur en eau 4,15 % \*  
" brisures - teneur en eau 5,2 %  
" brisures - teneur en eau 4,25 %  
" brisures - teneur en eau 6,2 %
- Fig 6 Influence de la température de stockage sur l'acidification des amandes  
o 35°C + 22°C \* 13°C  
I en atmosphère renouvelée  
II en atmosphère confinée
- Fig 7 Influence de l'atmosphère de stockage sur l'acidification des amandes à 22°C  
I amandes entières, teneur en eau 7 %  
II brisures, teneur en eau 6,2 %  
o atmosphère renouvelée  
atmosphère confinée
- Fig 8 Influence de la valeur initiale de l'indice d'acide sur la vitesse d'acidification d'amandes ayant des teneurs en eau voisines de 6,2 - 6,4 % au cours d'un stockage en atmosphère confinée à 22°C.  
+ indice d'acide initial de 1,2  
\* indice d'acide initial de 0,5
- Fig 9 Influence du degré de maturité des graines à la récolte sur la vitesse d'acidification des amandes décortiquées au cours de stockages à 22°C.  
\_\_\_\_\_ en atmosphère renouvelée  
----- en atmosphère confinée  
teneur en eau des amandes immatures :  
o 4,5 % \* 6,5 %  
teneur en eau des amandes à maturité :  
o 4,5 % + 6,5 %
- Fig 10 Durée de conservation de fragments d'amandes stockées en atmosphère renouvelée (A.R) et confinée (A.C.) à 13°C et 22°C, en fonction de leur teneur en eau et de leur taille  
— — — — — "brisures"  
----- "fines"

H<sub>2</sub>O % sh

FIG 1

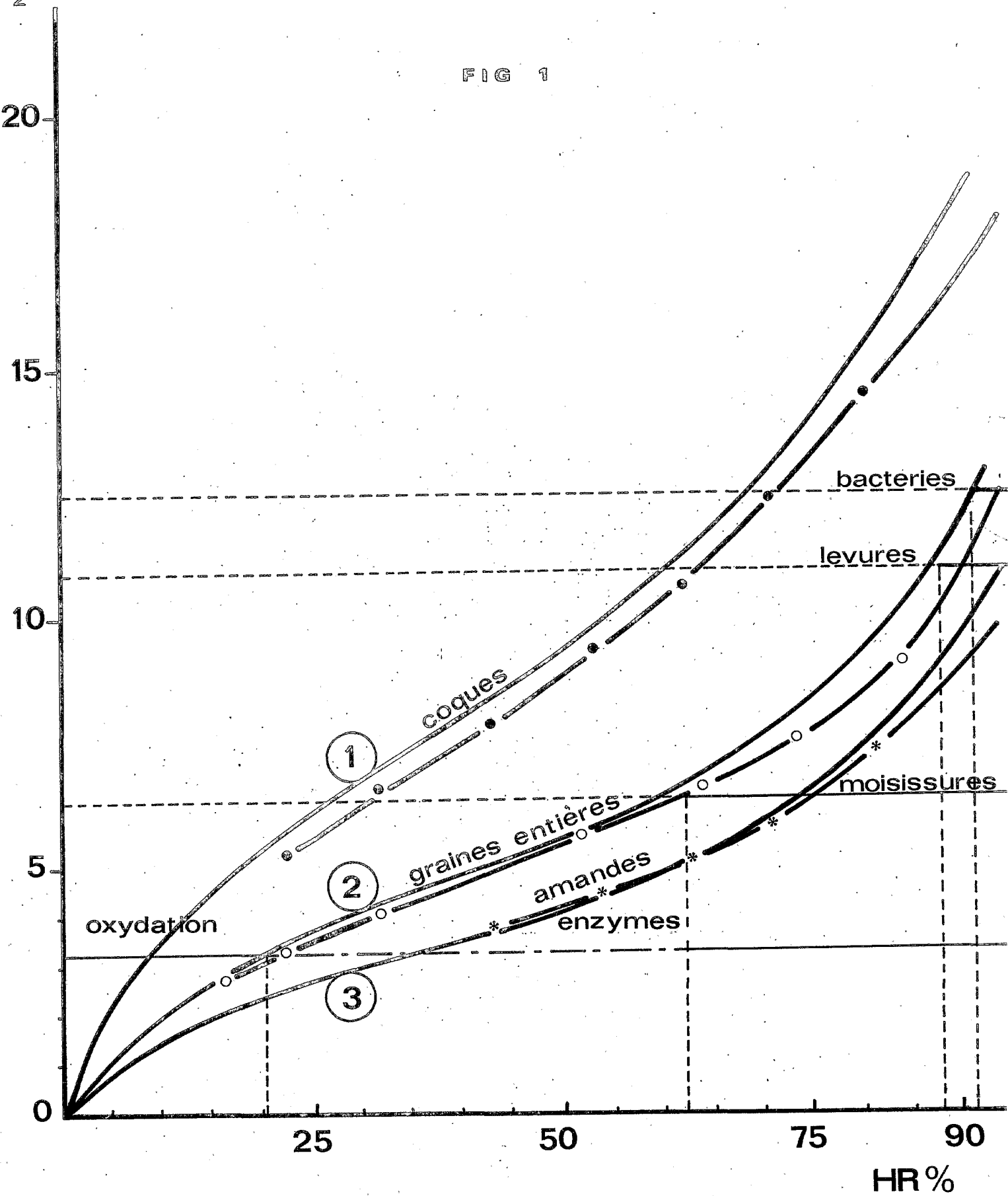
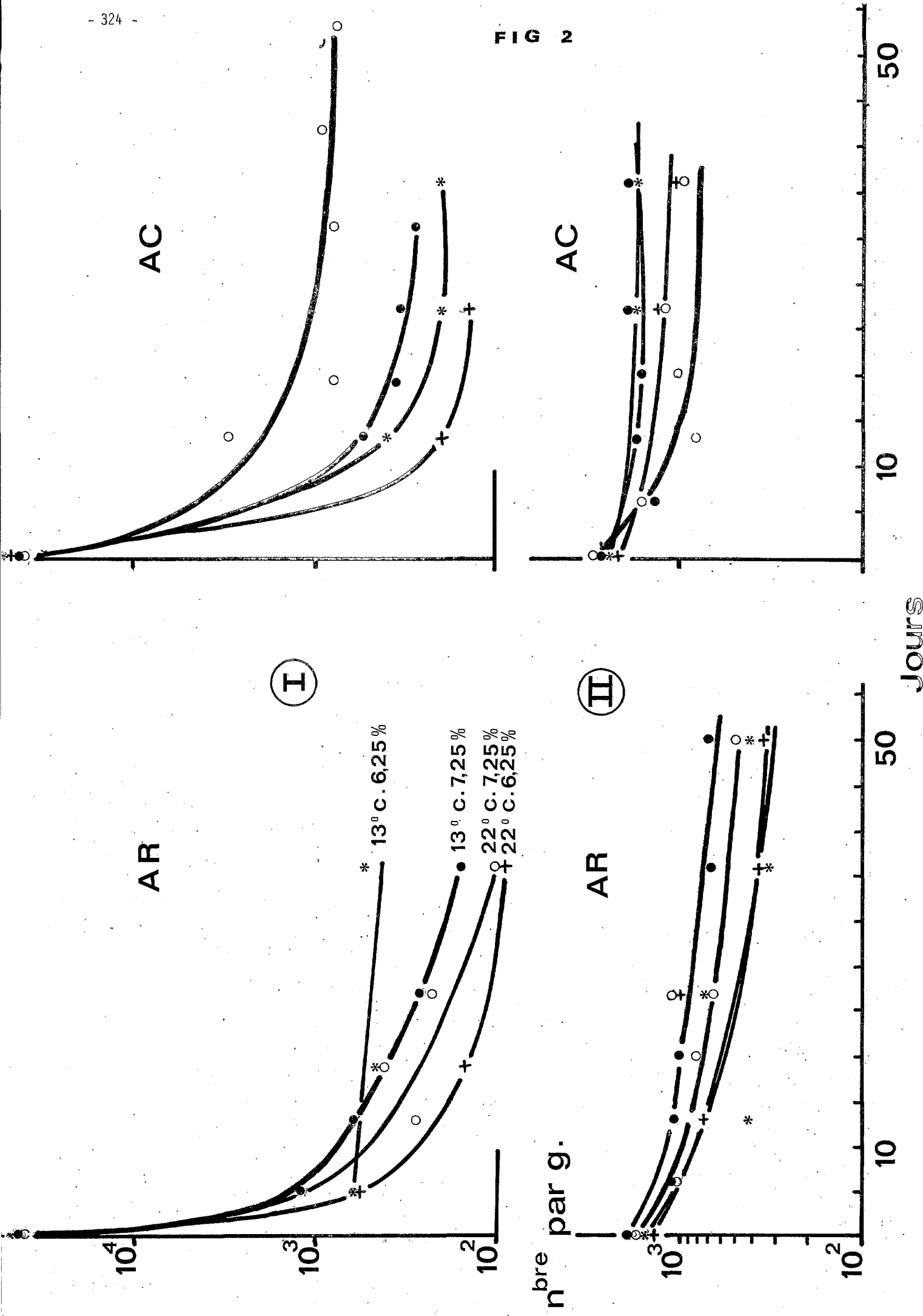
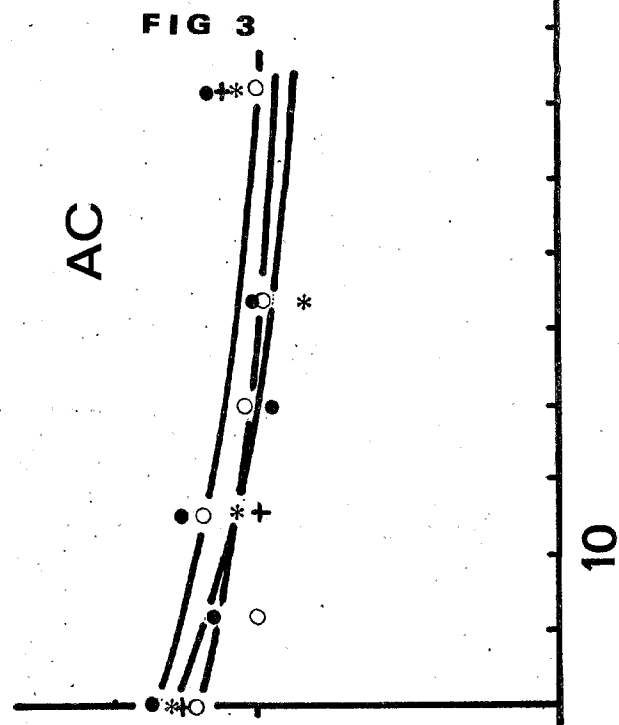
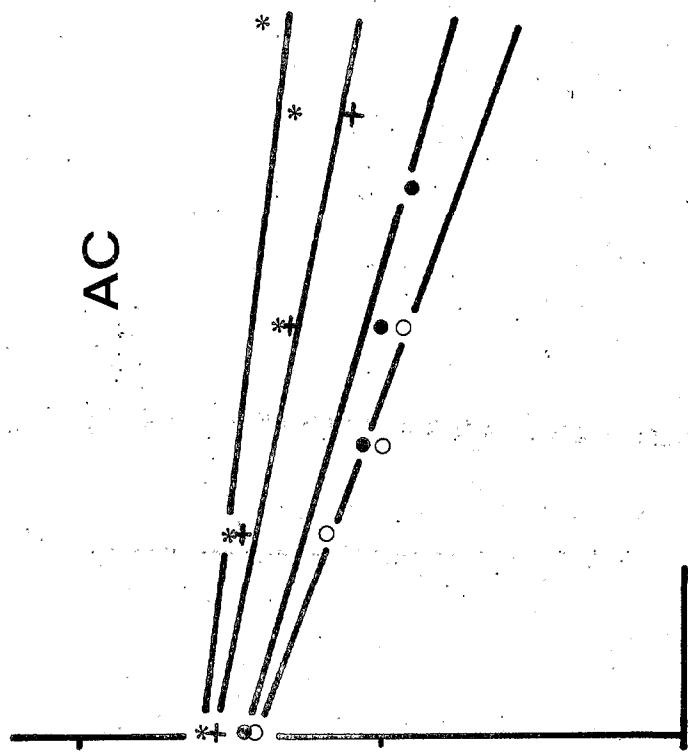
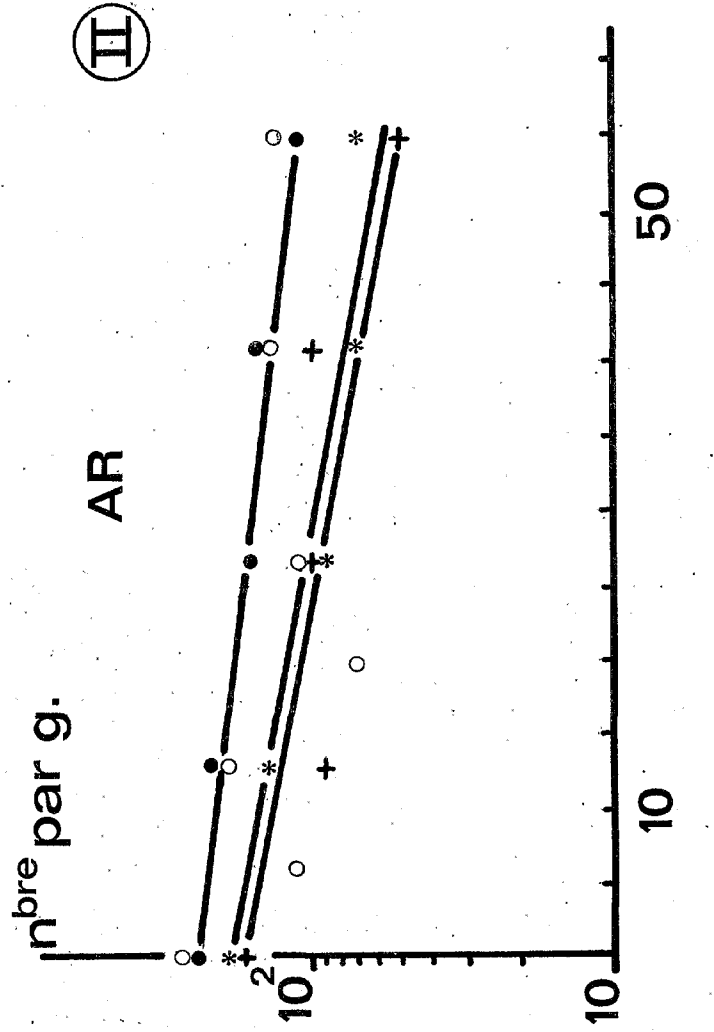
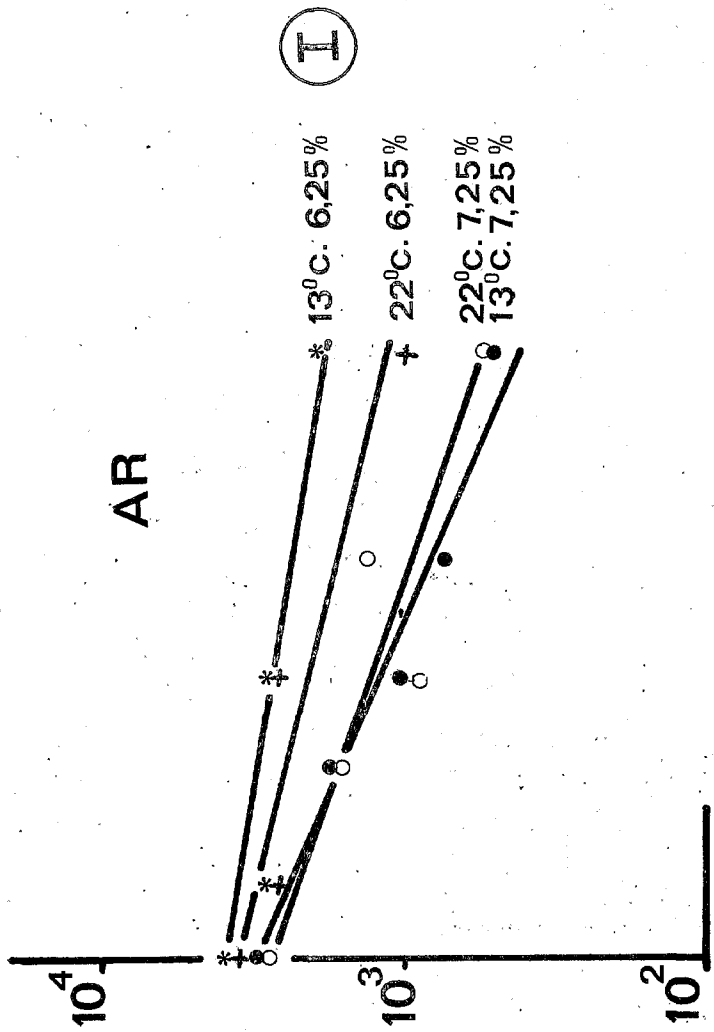


FIG 2

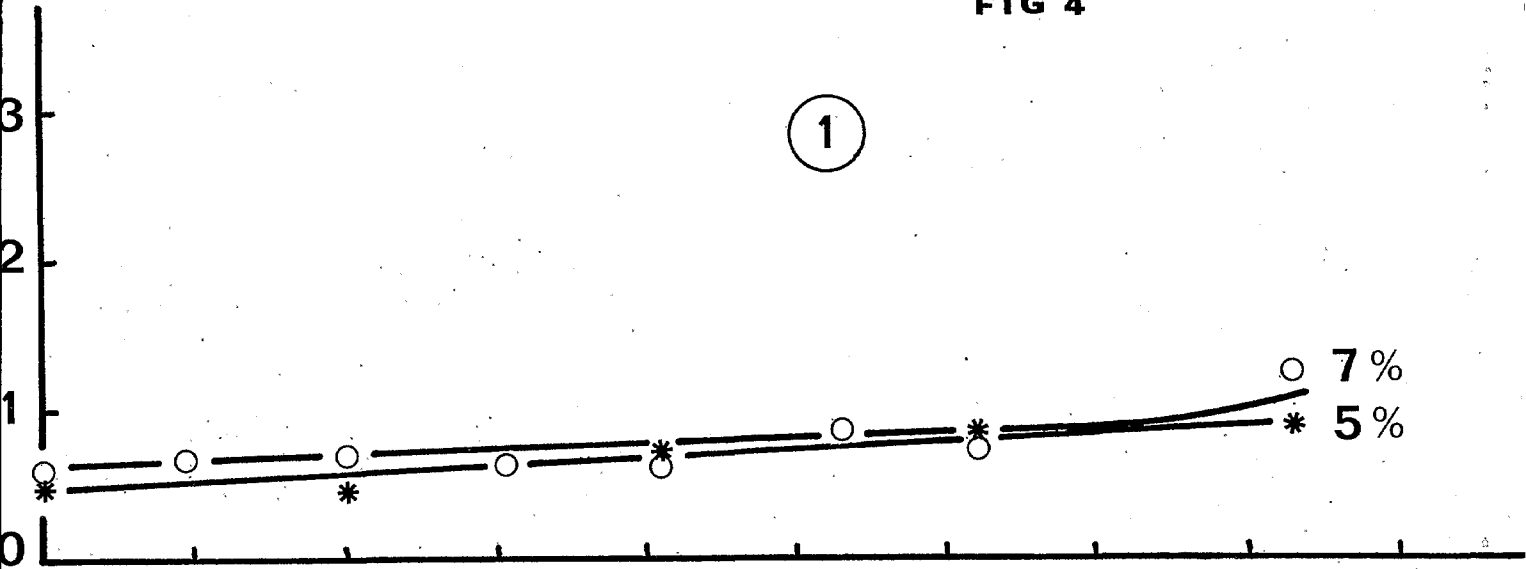


n<sup>bre</sup> par g.



II.a.

FIG 4



I.a.

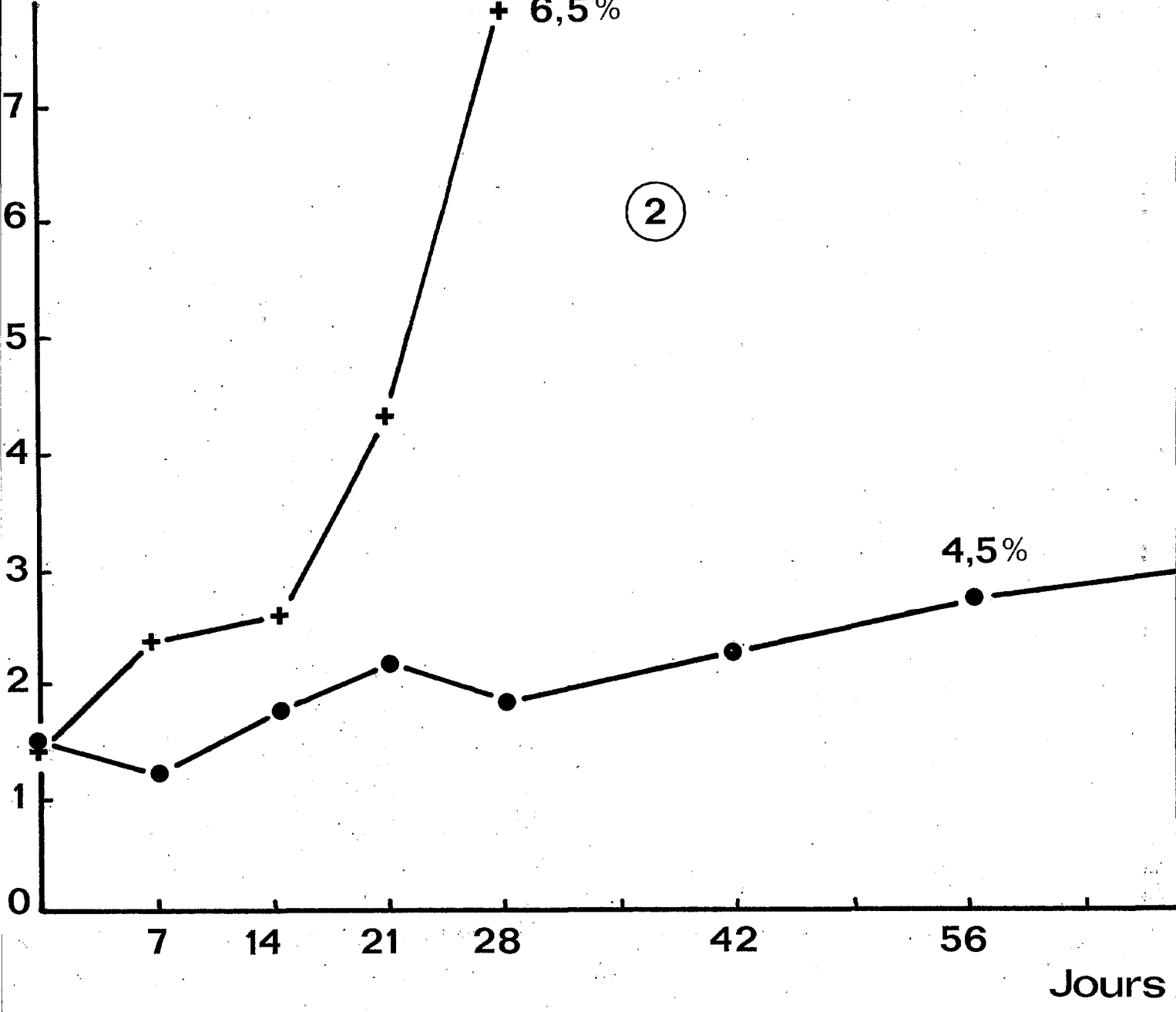
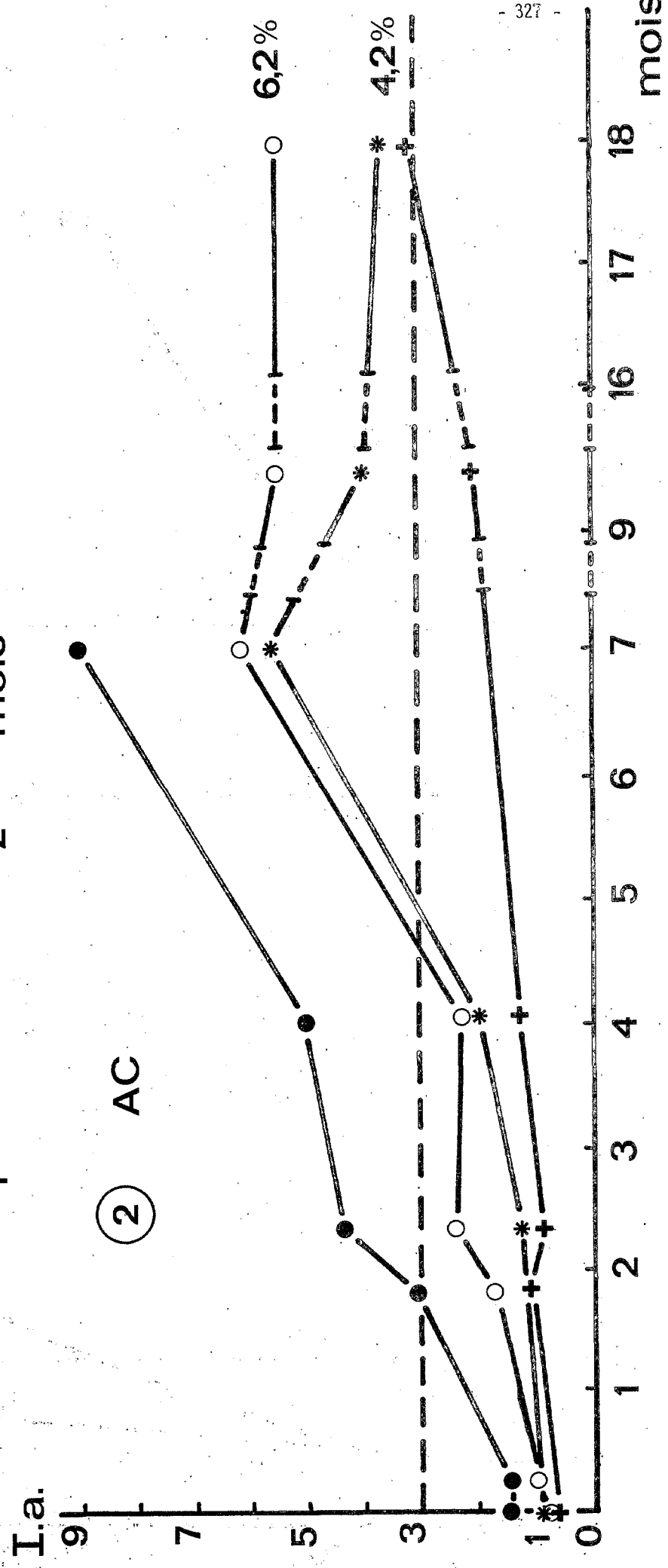
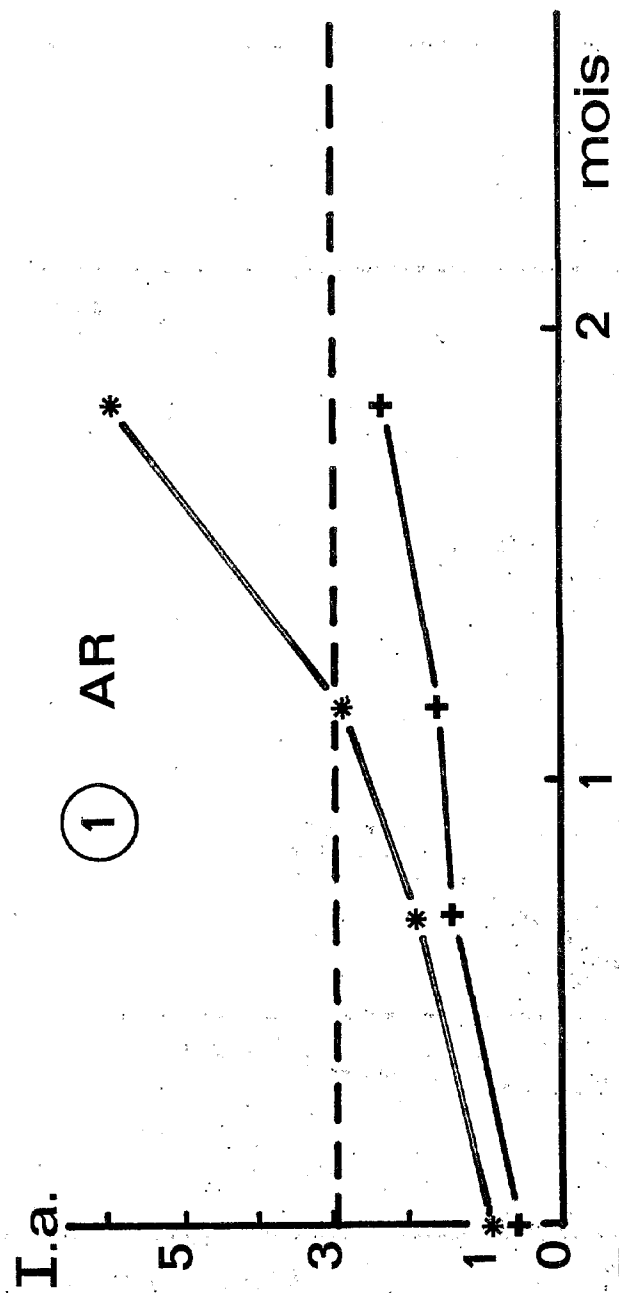
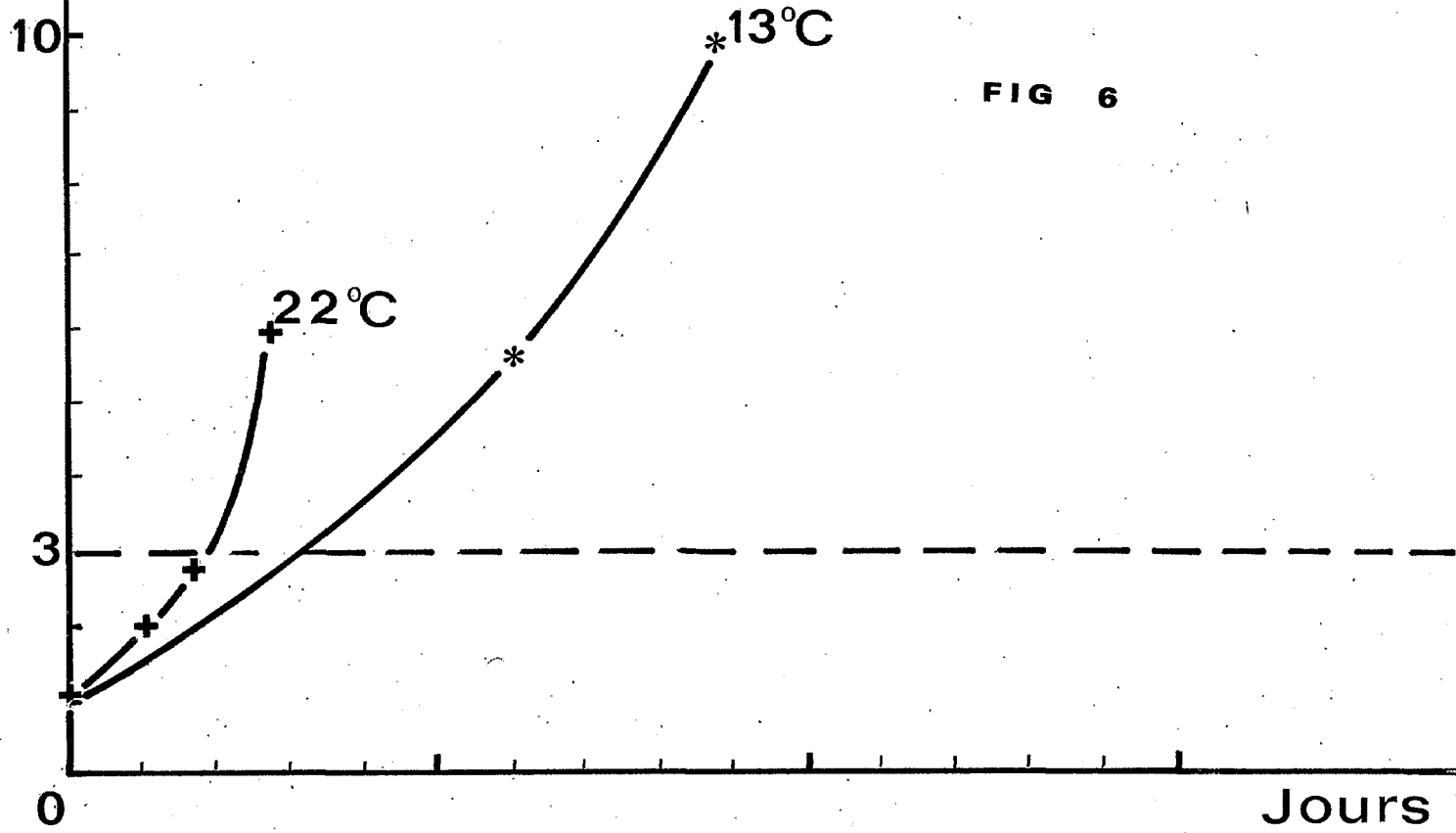


FIG 5



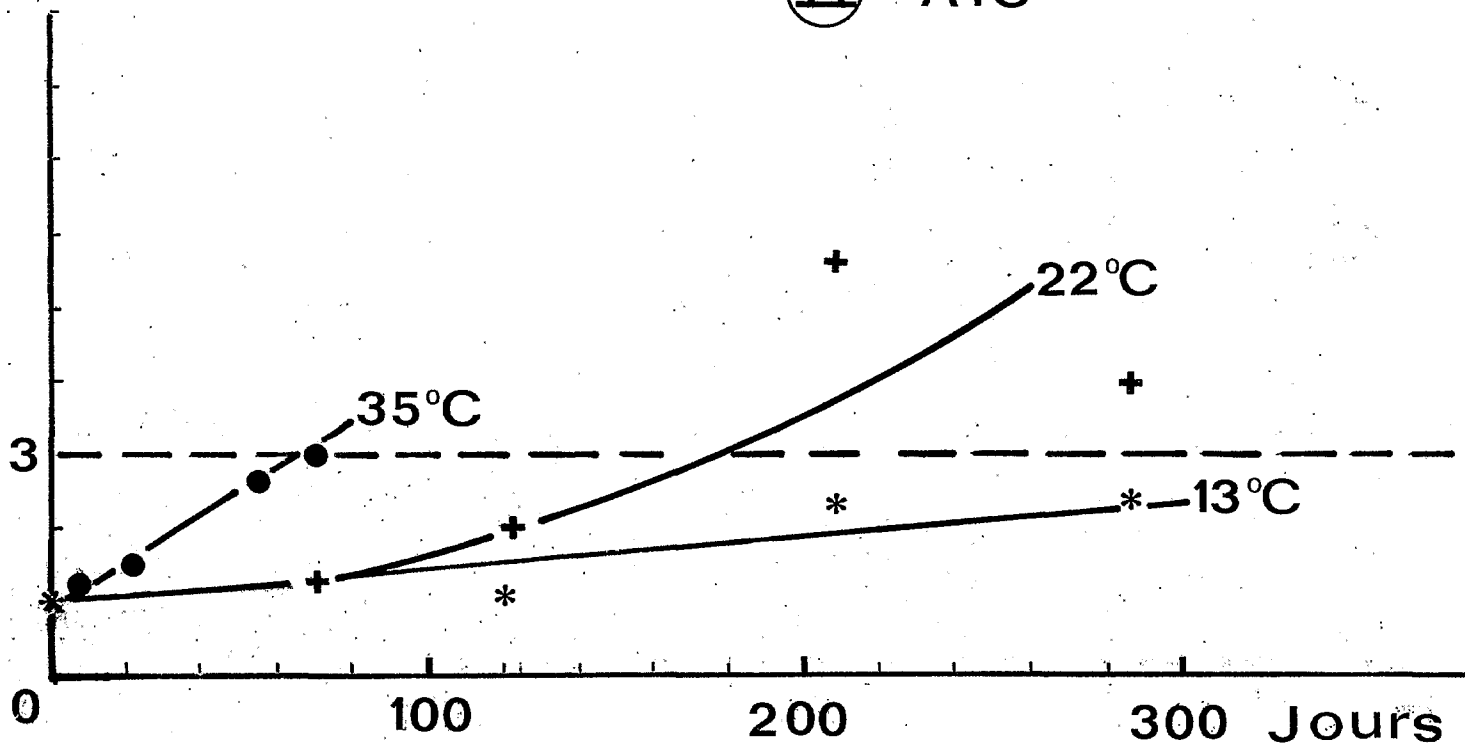


(I) A.R



Ia

(II) A.C



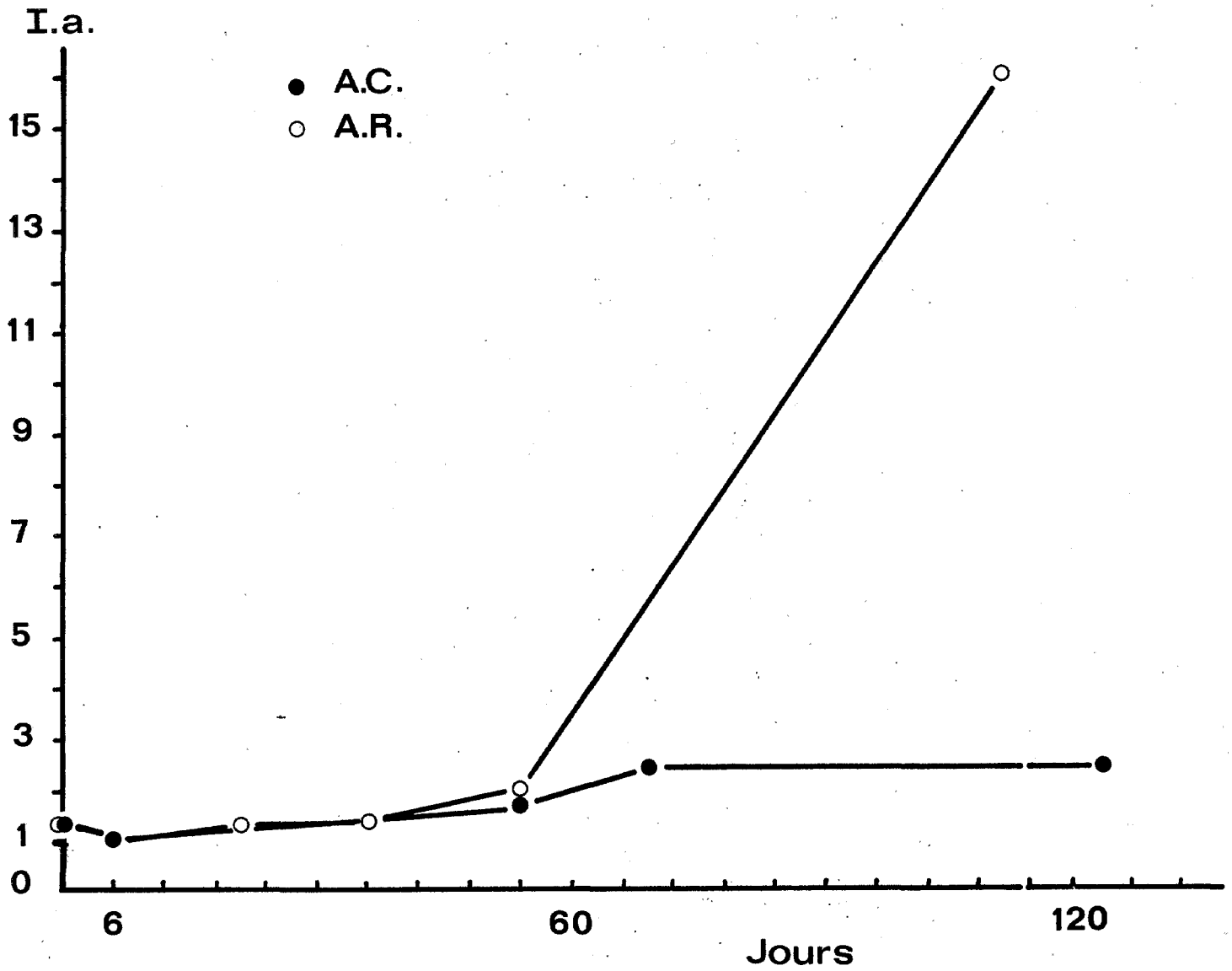
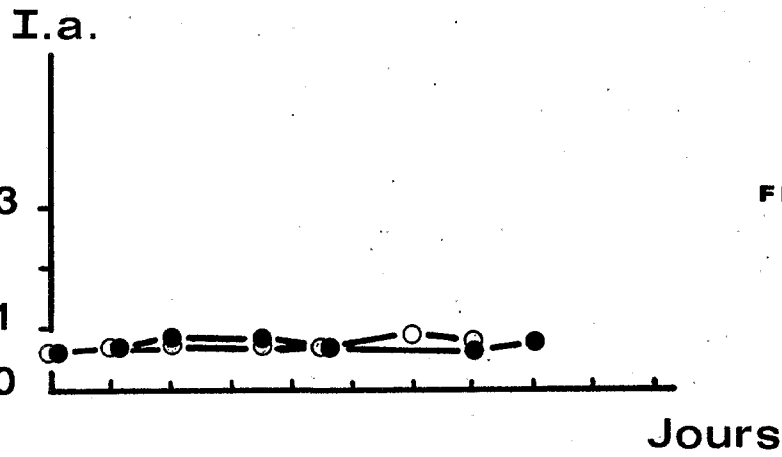
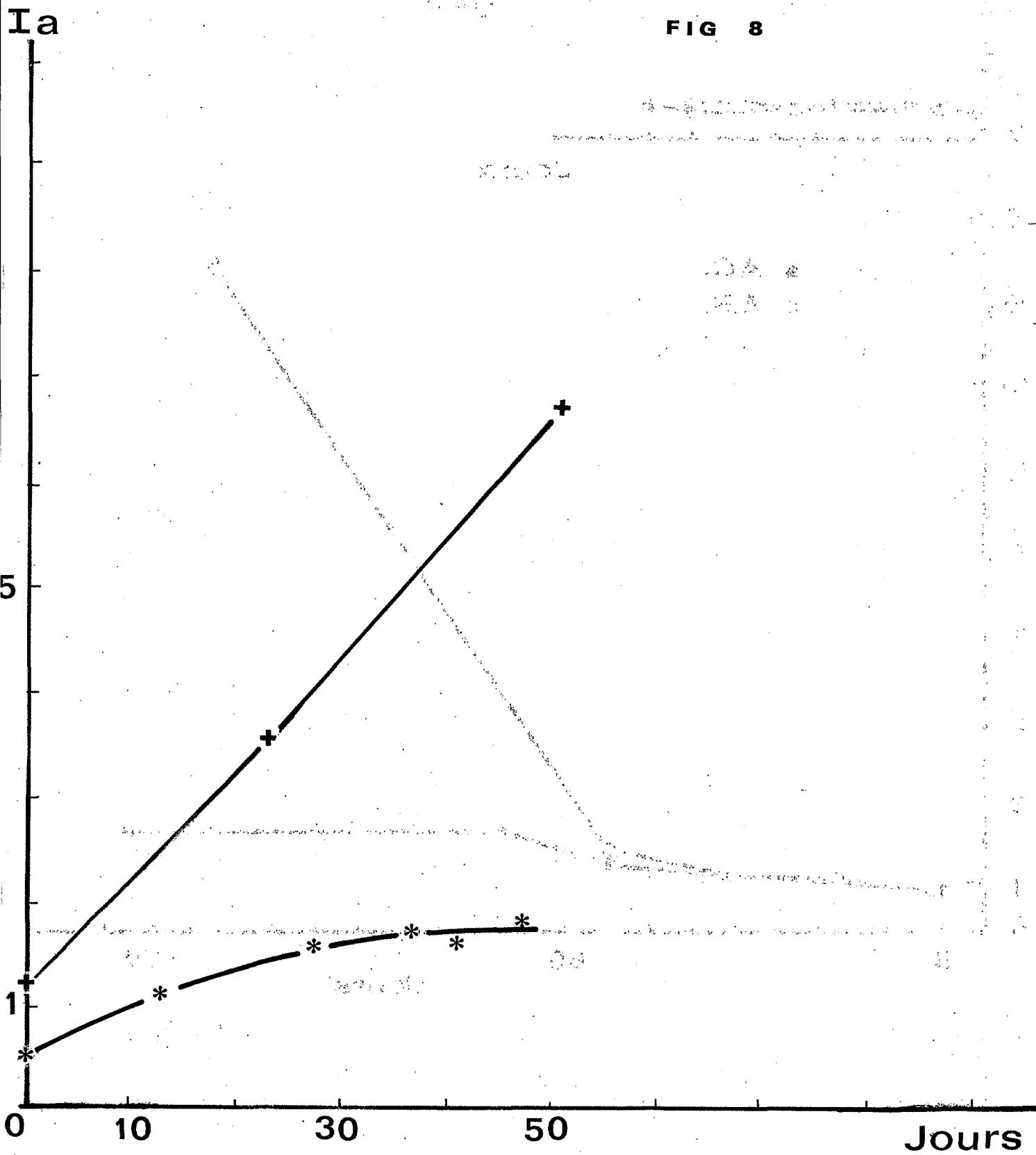
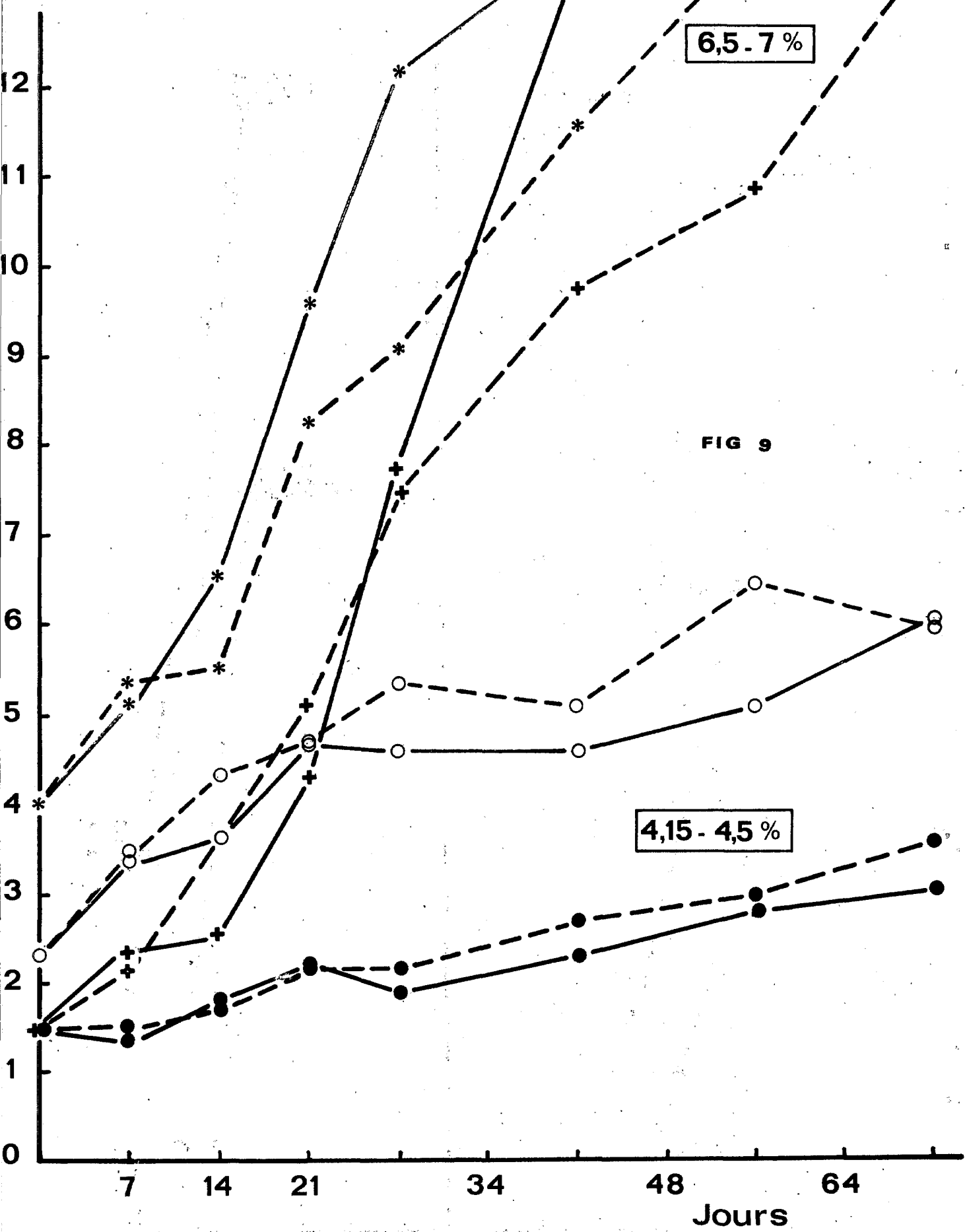


FIG 8



I.a.



Jours

- 332 -

FIG 10

