

Conseil International pour
l'Exploration de la Mer.

Shellfish and Benthos Committee
C.M. 1977/K : 35.



Relations entre la biomasse et la production
du stock de langoustines de la région Sud Bretagne

Stock-production relationships for Norway lobsters
in northern Biscay Bay

par

Gérard CONAN⁺, Marie-Noëlle DEPOIS⁺ et Anatole CHARUAU⁺⁺

⁺Centre Océanologique de Bretagne, B.P. 337, 29273 Brest-Cédex, France

⁺⁺Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes, Rue François Toullec,
56100 Lorient, France.

SUMMARY :

Annual Norway lobster production in Kgs and fishing effort in days at sea have been evaluated for the past 18 years from commercial statistics concerning northern Biscay Bay landings. Data on average size frequency distributions of males and females sampled during summer periods, when all commercially exploited age groups are available to the fishery, have been recalculated from files of the French fisheries institute ; the earliest distribution was sampled in 1946 when the stock was in an almost virgin state, shortly after world war II. Production models described by SCHAEFER (1954, 1957), GULLAND (1961, 1969), FOX (1970), PELLA and TOMLINSON (1969) and FOX (1975) were fitted to annual production and fishing effort data.

It appears that the proportion of larger individuals in the size frequency distributions has declined regularly from 1946 till 1971 ; this trend is more pronounced for the males than for the females which happen to be naturally unavailable to the fishery during late autumn and winter months. On deterministic bases, all production models show that fishing effort has not yet reached levels of biological over-fishing (i. e. present fishing effort is smaller than so called "optimal level").

.../...

Landings, however, overshooted in 1972 by such an amount that cannot be reasonably predicted by any of the models. Among other interpretations, we stress that the number of mature age groups in the population has been seriously reduced. At a constant biomass level, production may be incremented by replacing older aggressive slow growing individuals defending large territorial areas by fast growing younger individuals with reduced territorial areas ; these conditions are not taken in account by regular models for production in weight. However, reducing the number of age groups also increases the dependency of population on random variability of recruitment ; no deterministic model can provide estimates of amplitude of production oscillations in such conditions. It would be unreasonable to increase level of fishing effort before knowing whether present production level is stable or due to a short lived lucky stochastic walk. In the latter case, consequences would be severe to the fishery in the future ; either if production widely and unpredictably oscillated around present level, or eventually dropped back lower than the predictions offered by all deterministic models.

INTRODUCTION :

L'étude d'une politique de gestion rationnelle des stocks de langoustines est particulièrement difficile sur le plan biologique. Il est difficile de reconstituer la composition en âges des captures ; seule la technique de l'analyse des distributions de fréquence de tailles est possible, mais d'application complexe car les composantes modales sont des groupes de mues qui ne sont pas directement assimilables à des groupes d'âge.

Lorsque l'on utilise les techniques d'analyse des cohortes appliquées aux groupes de taille à défaut de groupes d'âges, il existe un risque de biais. La proportion d'individus dans un groupe de taille est en effet fonction non seulement de la mortalité, mais aussi de la durée du passage de ces individus dans la classe de taille, c'est-à-dire de la croissance. Plus la croissance se ralentit chez les individus âgés et plus des individus d'âges différents tendent à se concentrer dans une même classe ^{de taille} d'âge. Les mortalités peuvent donc être sous-estimées auquel cas les modèles de rendement seront biaisés dans le sens d'un âge minimal de capture qui sera lui surestimé et ne correspondra pas aux conditions de rendement recherchées. Par ailleurs, la croissance individuelle des langoustines est discontinue et l'apparition des mues dans la population est fortement cyclique (CHAUVAU, 1975 ; CONAN, 1975) ; le nombre et l'âge des individus dans une classe de taille peuvent être très variables suivant que l'échantillon a été prélevé à quelques semaines près, avant, durant ou après une période de mue.

Lorsque l'on évalue la mortalité à partir des paramètres de l'équation de von BERTALANFFY, le choix d'une taille asymptotique est délicat dans le cas de la langoustine. En dépit de nombreuses études (CHARVAT, 1975 ; FANTER, 1973 ; CONAN, 1975 ; HILLIS, 1975) qui permettent maintenant de retracer la croissance des langoustines durant leurs 5 ou 6 premières années, on sait fort peu de choses sur les taux de croissance des individus âgés à partir du moment où ceux-ci ne muent plus régulièrement tous les ans. Or l'exactitude des évaluations de L_{∞} de l'équation de von BERTALANFFY repose précisément sur la possibilité d'évaluer l'âge des individus de grande taille. Il n'est pas certain que l'approximation d'une croissance selon von BERTALANFFY soit acceptable pour les individus âgés ; on ne sait pas si la taille des crustacés macroures âgés tend vers une valeur asymptotique. Comme il est impossible d'attribuer un âge absolu aux plus gros individus, seuls des marquages peuvent fournir des renseignements sur leur croissance.

En l'absence de données précises sur les paramètres de croissance et de mortalité il est peu commode de définir une stratégie d'exploitation rationnelle basée sur un modèle de rendement par recrue. La technique de la fourchette d'incertitude consistant à prendre deux valeurs pour chaque paramètre, valeurs entre lesquelles l'intuition place la valeur vraie est utile pour des études préliminaires. Il faut toutefois tenir compte du cycle de vie très particulier de la langoustine. Les femelles "grainées" étant accessibles à la pêche durant très peu de temps, elles sont naturellement protégées durant la majeure partie de l'année ; les effets de l'application d'un âge minimal d'exploitation seront très différents pour les mâles et les femelles.

Nous avons utilisé l'approche des modèles de production qui présente l'avantage de ne pas nécessiter d'estimations préalables des coefficients de mortalité et de la croissance. Seules sont requises des données historiques sur l'effort de pêche et sur les tonnages débarqués durant une période d'une dizaine d'années. La plupart des stocks de langoustines sont exploités par plusieurs pays ; de telles données sont alors difficiles à rassembler. Le stock de la région sud Bretagne du Golfe de Gascogne (fig. 1) a la particularité d'être exploité presque exclusivement par la flottille côtière des ports bretons et vendéens. Les fonds à langoustines sont bien individualisés en surfaces chalutables séparées les unes des autres. Nous avons pu reconstituer les tonnages débarqués et les efforts de pêche en journées de mer sur une période de 18 années.

MATERIEL ET METHODES :

Caractéristiques de la pêche de langoustines de la région sud Bretagne :

Les chalutiers sont en majeure partie anciens (souvent 20 ans ou plus), de construction bois et de 12 à 15 m de longueur ; ils travaillent presque tous par le côté. Durant les dernières années quelques chalutiers fer à pêche par l'arrière ont été mis en service. Les techniques et les lieux de pêche ont peu varié depuis une vingtaine d'années. L'efficacité n'a pas été accrue de manière décelable après introduction du système de navigation DECCA et de l'échosondeur ; les patrons de pêche travaillent souvent en vue de terre auquel cas ils préfèrent se positionner par alignements, méthode plus précise que le DECCA. Les sorties de pêche ou "marées" sont généralement diurnes et journalières. La vente a lieu tous les jours, sous "criée" (marché aux poissons) dans la plupart des ports. Par commodité, nous avons choisi la journée de mer pour unité d'effort ; les tonnages annuels ont été reconstitués dans chacun des ports à partir des archives de criée.

Les tonnages et l'effort de pêche ont été évalués à partir de 1958 pour la zone de pêche exploitée à partir des ports du Guilvinec, de Lesconil, de Loctudy et de Concarneau (fig. 1). Au sud-ouest, cette zone est partiellement exploitée par les chalutiers de Lorient. Nous avons dû négliger cette partie de la flottille pour laquelle il n'existe pas de données, nous admettons qu'elle a évolué en effort et en tonnage proportionnellement à celle des autres ports.

Evaluation des données de tonnage et d'effort de pêche :

Les statistiques de pêche étant archivées de manière distincte dans chacun des ports, les méthodes de traitement ont dû être adaptées en fonction des particularités locales. Les tonnages annuels sont aisément reconstituables à partir de bilans de ventes mensuels et parfois journaliers. Les bilans sont le plus souvent consignés par bateau et par "marée", ce qui permet d'évaluer très exactement l'effort. Il faut toutefois tenir compte des "marées" de plusieurs jours de certains chalutiers, celles-ci sont en général reconnaissables à la valeur de la vente. Lorsque certaines années dans un port, les ventes n'étaient pas archivées par bateau ou que le nombre de ventes n'était pas consigné, nous avons estimé l'effort de pêche à partir des captures par unité d'effort du port de Concarneau corrigées d'un facteur de proportionnalité établi à partir des données des autres années. Nous disposons de données complètes d'effort et de tonnage pour le port de Concarneau dès 1958.

.../...

Lorsque les captures par unité d'effort peuvent être évaluées simultanément et indépendamment dans les 4 ports, on constate que les rapports de proportionnalité sont assez constants (table 1). Ces différences sont selon nous, davantage dues à une hétérogénéité des fonds chalutés qu'à une hétérogénéité des efficacités de pêche. Pour évaluer l'effort global sur les 4 ports, nous avons donc fait la somme des efforts de chacun d'entre eux sans standardiser ces efforts par rapport à un port de référence.

Ajustement des modèles de production :

La modélisation de la production en fonction de l'effort permet en principe de prédire les tonnages moyens ou les prises par unité d'effort (p.u.e) moyennes susceptibles d'être obtenues à partir de différents niveaux d'effort (de journée de pêche) stables. La courbe des tonnages en fonction de l'effort affecte en général une forme en dôme, il existe alors un tonnage moyen maximal C_{max} pour un niveau d'effort déterminé qualifié d'effort "optimal" E_{opt} .

Nous avons essayé différents modèles et méthodes d'ajustement. Le modèle de SCHAEFER (1954, 57) implique une relation parabolique entre le tonnage C_i et des niveaux d'effort stable E_i :

$$C_i = qE_i(qE_i + K)/H$$

K et H sont des constantes

q est une constante représentant le coefficient de capturabilité.

La relation entre les p.u.e $U_i = C_i/E_i$ et les niveaux d'effort stables E_i est linéaire. Nous avons ajusté ce modèle par trois méthodes :

1) d'une part par simple régression linéaire des p.u.e en fonction des efforts observés ce qui implique l'approximation préalable assez fruste que l'effort passe de manière discontinue d'un niveau d'équilibre au suivant d'une année sur l'autre ;

2) d'autre part, par la résolution d'un système de 3 équations linéaires représentant les sommes des différences relatives entre p.u.e en début et fin d'année $\Sigma \Delta U_i / \bar{U}_i$ effectuées indépendamment sur 2 fractions successives des années d'observation et sur l'ensemble de celles-ci. Pour évaluer les p.u.e en début et en fin d'année, on admet que, lorsque l'on se trouve en état de transition entre deux niveaux d'effort, la biomasse du stock $P_i = qU_i$ et par suite la p.u.e U_i varient linéairement ;
.../...

3) en dernier lieu, nous avons utilisé la méthode de GULLAND (1968). En état de transition, on évalue les niveaux d'effort équilibrés fictifs E'_i qui auraient engendré les productions observées ; l'estimation est obtenue en prenant la moyenne des efforts observés durant l'année présente i et les années antérieures de $i - 1$ à $i - (n-1)$, n étant le nombre moyen d'années durant lesquelles un individu du stock est vulnérable à la pêche. L'ajustement est ensuite obtenu par régression linéaire des p.u.e sur les efforts fictifs.

Le modèle de FOX (1970) implique une relation exponentielle négative entre les p.u.e et les niveaux d'effort stable : $\bar{U}_i = a \exp(-bE_i)$ ou $C_i = aE_i \exp(-bE_i)$. a et b sont des constantes. Les méthodes d'ajustement utilisées sont analogues à celles citées pour le modèle de SCHAEFER si l'on substitue aux p.u.e leurs logarithmes $\text{Log } \bar{U}_i = \text{Log } a - bE_i$.

Le modèle proposé par PELLA et TOMLINSON₁ (1969) est une généralisation de celui de SCHAEFER. On pose $C_i = qE_i (qE_i / H + K/H)^{\frac{m-1}{m}}$. Suivant la valeur de m les courbes des captures en fonction de l'effort sont paraboliques ($m = 2$), tendent vers celle décrite par FOX en 1970 ($m \rightarrow 1$), ou sont asymétriques avec leur branche droite de pente plus raide que la gauche ($m > 2$) ou inversement ($m < 2$). PELLA et TOMLINSON proposent en période de transition une méthode d'ajustement analogue à celle de SCHAEFER, mais plus rigoureuse ; ils ajustent aux tonnages observés des tonnages simulés obtenus par intégration numérique de la fonction $dC(t)/dt = qE(t).P(t)$. La biomasse $P(t)$ au temps t n'est pas directement évaluable, on lui substitue son expression en fonction de l'effort E , du stock initial $P(0)$ et du temps t :
$$P(t) = \left[\frac{H}{K+qE} - \left(\frac{H}{K+qE} - P(0) \right)^{1-m} \exp(-(K+qE)(1-m)t) \right]^{\frac{1}{1-m}}$$
 L'ajustement est obtenu en minimisant par itération la somme des carrés des différences entre captures observées et simulées, ce qui permet l'estimation simultanée des paramètres H , K , q , m et $P(0)$.

Une méthode d'ajustement différente est proposée par FOX (1975) pour le modèle de PELLA et TOMLINSON. La démarche est analogue à celle de GULLAND pour le modèle de SCHAEFER. On évalue cette fois les niveaux d'effort équilibrés fictifs, qui auraient engendré les tonnages observés, en faisant une moyenne pondérée des efforts observés durant $n-1$ années antérieures (n est le nombre d'années durant lesquelles un individu du stock est vulnérable à la pêche : soit 3 ans pour les langoustines) :

$$E'_i = (nE_i + (n-1)E_{i-1} + \dots + E_{(i-n+1)}) / (n + (n-1) + \dots + 1)$$

l'ajustement se fait en minimisant par itération la somme des carrés pondérés des différences entre c.p.u.e observées et prédites.

Données sur l'évaluation de la composition en taille et en poids du stock exploité :

Suivant leur sexe et leur âge, les langoustines ne sont pas capturables avec la même efficacité tout au long de l'année (CONAN, 1975) ; les femelles grainées disparaissent en hiver. Nous avons sélectionné les données de distribution de fréquence de taille les plus représentatives du stock, soit celles échantillonnées en été. Ces données remontent jusqu'à 1946, elles ont été obtenues à partir de chalutages expérimentaux réalisés pour l'Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes, les individus de taille inférieure à la taille légale (8 cm de longueur totale ou 22 mm de longueur de carapace) n'ont pas été éliminés. Les données les plus anciennes concernaient des longueurs totales, mesurées au centimètre ou au demi-centimètre près, nous avons standardisé ces données en les ramenant à des mesures de longueur de carapace.

Dans les 4 ports étudiés, les captures de langoustines sont archivées séparément en catégories commerciales "Grosses" et "Petites". Nous avons recherché si cette classification subjective des captures permettait d'étudier l'évolution du stock. En utilisant les critères actuels de séparation (les "petites" mesurent entre 22 et 29 mm de carapace), nous avons recalculé les proportions de "Grosses" et de "Petites" dans les données de chalutages expérimentaux anciens et nous les avons comparées à celles des données commerciales.

Moyens de traitement des données :

Les régressions linéaires utilisées pour les différents ajustements ont été faites suivant la méthode "fonctionnelle" ou de TEISSIER (RICKER, 1973), car les variables en abscisses et en ordonnées sont simultanément sujettes à erreur. Les programmes d'ajustement de PELLA et TOMLINSON (1969) et de FOX (1975) ont été adaptés du Fortran IV au langage HPL. Les ajustements de fonctions ont été effectués sur l'ordinateur de bureau HP 98025 A du Département Scientifique du Centre Océanologique de Bretagne. Les données d'effort et de tonnage ont été centralisées, puis standardisées sur l'ordinateur IBM 1130 du Centre Océanologique de Bretagne.

RESULTATS :

L'évolution des tonnages débarqués en fonction de l'effort est présentée graphiquement (fig. 2) séparément pour chaque port (b, c, d, e) et pour leur ensemble (a). Dans tous les cas, on observe une relation positive entre les tonnages et les efforts.

.../...

Nos données de fréquence de taille les plus anciennes, celles de 1946 sont peu précises, mais représentent historiquement l'état du stock pratiquement vierge d'après la guerre. On remarque un recrutement très irrégulier ; il est parfois possible de suivre un groupe d'âge important d'une année sur l'autre (1968-1969, 1974-1975-1976). Le nombre d'individus de grande taille a fortement et régulièrement régressé depuis 1946. Depuis 1971, on ne pêche pratiquement plus d'individus mâles de longueur de carapace supérieure à 30 mm. La proportion de femelles de grande taille a moins régressé ; ceci est explicable par le fait que les femelles adultes sont inaccessibles à la pêche en-dehors des mois de printemps et d'été, saison pour laquelle les données ont été sélectionnées. L'étendue des distributions de fréquence de taille s'est plus ou moins stabilisée, ce qui correspond également à une relative stabilisation de l'effort (fig. 2).

L'évolution des tonnages en pourcentages pour les catégories commerciales "Grosses" et "Petites" est présentée dans la figure 4. Aux ports de Lesconil, Loctudy et le Guilvinec, on reconnaît assez bien l'arrivée de fortes classes d'âges en 1968, 1973, 1975 dans les pourcentages de "Petites" et dans les distributions de fréquence de taille (fig. 3). Par contre, la définition commerciale des catégories a dérivé au cours du temps comme le montre la figure 4d dans laquelle sont portés les pourcentages de "Grosses" et de "Petites" recalculés à partir de la définition actuelle appliquée aux données anciennes de distribution de fréquence de taille (les "petites" langoustines mesurent actuellement entre 22 et 29 mm de carapace).

Les données de p.u.e. en fonction de l'effort sont comparées aux courbes d'équilibre correspondantes ajustées aux différents modèles dans les figures 5a, 6a, 8a, 9a, 10a, 11a ; les tonnages observés en fonction des efforts sont présentés avec leurs courbes d'équilibre théorique ajustées dans la partie b de ces figures. Le modèle de SCHAEFER n'a pu être ajusté suivant la méthode de GULLAND ; la pente de la droite de régression est positive (fig. 7a, b). Seul le modèle de PELLA et TOMLINSON permet d'évaluer les p.u.e. et les tonnages en état de transition, ces valeurs simulées sont comparées aux valeurs observées dans la figure 12.

Dans tous les cas, les ajustements des modèles de production ont été faits pour les données comprises entre 1958 et 1972. Les données de 1973, 1974, 1975 et 1976, lorsqu'elles sont incluses ne permettent pas des ajustements corrects. Les principaux paramètres estimés par ajustement des différents modèles sont présentés dans le tableau 2. Les paramètres des régressions linéaires sont présentés dans le tableau 3.

A partir des estimations du coefficient de capturabilité q fournies par les modèles, on peut estimer la mortalité par pêche F . L'estimation de q par la méthode de FOX (1975) pour le modèle de PELLA et TOMLINSON est vraisemblablement la plus exacte comme le démontre FOX. Dans l'état actuel de la pêcherie :

$$\begin{aligned} E &\approx 3 \cdot 10^4 \\ q &\approx 2,6 \cdot 10^{-5} \\ \text{soit } F &= qE \approx 0,78 \end{aligned}$$

SYNTHESE ET CONCLUSION :

Ajustement des différents modèles :

La simple observation des variations de tonnage en fonction de l'effort montre que l'on n'a pas dépassé la partie ascendante de la courbe, on ne se trouve pas encore en état de "surpêche". De ce fait et quel que soit le modèle utilisé, il est fallacieux de tenter d'estimer avec précision le niveau d'effort équilibré correspondant à la production maximale du stock. Il est en effet toujours dangereux de vouloir extrapoler une courbe de régression au-delà des limites d'observations. Suivant les modèles et les méthodes d'ajustement des données comprises entre 1958 et 1972 (table 2), la production maximale se situe entre 1 772 tonnes (SCHAEFER ajusté par régression) et 2 340 tonnes (PELLA et TOMLINSON) pour des efforts respectivement de 27 236 et de 60 500 jours de mer par an.

A l'intérieur des limites d'observation, les ajustements des modèles par les différentes techniques sont satisfaisants, excepté pour la méthode de GULLAND (table 3) qui ne paraît pas adaptée aux données. Les courbes de tonnage à l'équilibre en fonction de l'effort sont tout à fait équivalentes à l'intérieur des intervalles d'observation, à l'exclusion de celle du modèle de SCHAEFER ajusté par régression ; la condition préalable d'état d'équilibre n'était dans ce dernier cas pas respectée. Les différences entre modèles reposent presque uniquement sur l'extrapolation au-delà des valeurs d'effort observées en 1971, c'est-à-dire sur les estimations du paramètre m responsable de l'allure générale de la courbe. La valeur estimée de m est très différente suivant que l'on ajuste le modèle de PELLA et TOMLINSON par la méthode des états de transition ($m = 0,8$) ou par celle des efforts équilibrés fictifs ($m = 1,74$). Ce paramètre est fixé a priori dans la méthode de SCHAEFER : $m = 2$ et dans celle de FOX (1970) : $m \rightarrow 1$.

Déviations par rapport aux modèles :

Quel que soit le modèle retenu, il était impossible de prévoir qu'en 1973, 1974, 1975 et 1976, pour des efforts situés entre 30 et 35 10^3 jours de mer par an, on atteindrait des tonnages de l'ordre de 35 10^5 kg, supérieurs de 1/3 à la production maximale estimée la plus élevée. Nous ne pouvons retenir l'hypothèse d'erreur d'estimation de la production ou du nombre de journées de mer durant les 4 dernières années ; les données des dernières années ont été obtenues dans les 4 ports à partir de statistiques tenues avec plus de rigueur que pour les années antérieures. Nous devons alors admettre que l'une ou plusieurs des conditions préalables d'application des modèles de production est en contradiction avec l'évolution du stock au cours des dernières années.

FOX (1975), PELLA et TOMLINSON (1969) passent en revue les conditions préalables d'application des modèles de production. A chaque niveau d'effort de pêche, la population doit tendre vers une distribution d'âge stable ; ce qui semble vérifié depuis 1971, pour un effort qui a peu varié (fig 2, a), aux fluctuations du recrutement près, les distributions de fréquence de tailles (fig. 3) sont semblables.

La population doit s'ajuster sans délai aux conditions nouvelles d'effort lorsque celui-ci varie :

1) La nouvelle distribution d'âge stable est atteinte instantanément. Cette condition n'est jamais vérifiée, mais elle n'est une importante source d'erreurs que si les variations d'effort sont importantes et rapides, ce qui n'est pas le cas entre 1971 et 1976.

2) Le recrutement s'adapte instantanément aux nouvelles densités de population. Les langoustines ne sont pas recrutées avant l'âge de 2 à 3 ans, nous serions donc en contradiction avec cette condition ; par contre, il est fort possible que le facteur limitant ne soit pas le potentiel reproductif lui-même, mais plutôt la place disponible sur le fond. Les langoustines vivent dans des terriers individuels, elles sont très agressives et ont vraisemblablement un comportement territorial. Le chalut pêche uniquement les individus errants ou à l'entrée de leurs terriers. La quantité d'individus capturables sur le fond est donc essentiellement fonction de la place disponible, elle pourrait s'ajuster beaucoup plus rapidement que ne le laisse prévoir les délais de 2 à 3 ans entre la production de larves par le stock parental et le recrutement à la pêche.

.../...

Par ailleurs, ce facteur délai ne semble pas avoir joué un rôle important jusqu'en 1972, on comprendrait mal pourquoi il aurait subitement pris une importance prépondérante.

Les modèles de production doivent être appliqués à une population dans son ensemble ; le stock exploité ne peut être soumis à des taux de migrations se traduisant par des pertes ou des gains indépendants de sa biomasse. Nos résultats de marquages tendent à montrer que les langoustines aux stades benthiques se déplacent très peu ; sur 200 langoustines recapturées en deux ans, aucune ne s'est déplacée ^{de plus} de quelques milles. Le stock de la région sud Bretagne (fig. 1) est géographiquement isolé des autres stocks par des fonds de nature sédimentaire non favorable aux langoustines. Des échanges peuvent cependant se produire durant les courts stades pélagiques limités à quelques semaines. Nous ne pensons pas que l'augmentation exceptionnelle des captures entre 1972 et 1973 puisse s'expliquer par un apport massif de larves étrangères au stock deux années plus tôt. Les facteurs limitant la densité agiraient, vraisemblablement, au moment de ou après la métamorphose dès les premiers stades benthiques par effets de territorialité engendrant des mortalités différentielles pour les individus non habrités dans des terriers soit par cannibalisme, soit par prédation, soit par mortalité par pêche.

Une autre condition requise pour l'applicabilité des modèles de production utilisés est que la capturabilité (paramètre q) soit restée constante durant la période d'étude. Si le type de pêche, les lieux de pêche, la composition de la flottille ont peu varié de 1958 à 1976, par contre durant les dernières années une légère évolution du maillage a eu lieu. Le maillage actuel est de 40 mm dans le cul du chalut, en 1971 il était de 35 mm. Il ne semble pas qu'il faille toutefois rechercher l'origine des augmentations immédiates de tonnage de 1972 dans cette dérive du maillage. A court terme, les effets seraient plutôt inverses ; à savoir, une tendance à la chute des tonnages à effort constant suivie plus tard éventuellement d'une augmentation de ces tonnages à effort constant. Par ailleurs, les distributions de fréquence de taille donc la structure d'âge de la population (fig. 3) ont peu varié durant les dernières années.

Les modèles de production impliquent une stabilité du milieu de sorte que le principal facteur réglant la croissance de la population soit la densité de celle-ci ; la densité est elle-même contrôlée par l'importance de la mortalité par pêche appliquée au stock. Nous n'avons pas de données physiques nous permettant de déceler d'importants changements en 1973, par contre il semble que le nombre de prédateurs des jeunes langoustines (*Merluccius merluccius*, *Lophius piscatorius*, et surtout *Micromesistius pontassieu*) ait fortement décru durant les dernières années.

Il paraît toutefois peu plausible qu'une chute de la mortalité naturelle puisse être le seul facteur responsable de l'augmentation des tonnages, au vu des conditions d'effort de pêche, donc de mortalité par pêches actuelles élevées.

Un autre facteur d'ordre biologique peut être invoqué : la compétition intraspécifique entre grosses et petites langoustines. Les modèles de production basés sur la biomasse, impliquent que, au cours des années d'observation un poids donné d'individus conserve la même "valeur" écologique, c'est-à-dire qu'il est susceptible de générer des quantités équivalentes de recrues et d'accroître sa propre biomasse chaque année de manière identique. Il faut donc considérer ou bien que la structure d'âge reste constante et que les mortalités par pêches spécifiques de chacun des âges demeurent en proportion constante les unes par rapport aux autres, ou bien que la production en poids est indépendante de la structure d'âge du stock.

Or, on constate (fig. 1) que la composition en taille des captures a évolué au cours du temps ; ce qui est dû aux variations de mortalité : l'effort s'est accru de $5 \cdot 10^3$ à $35 \cdot 10^3$ journées de mer entre 1958 et 1976. Si le taux de croissance en poids des petites langoustines est plus élevé que celui des grosses qui muent moins fréquemment, à biomasse égale il est avantageux de déplacer les structures d'âge en faveur des jeunes individus. Les langoustines mâles de taille supérieure à 30 mm qui ont pratiquement disparu des captures à partir de 1971 ont peut être eu anciennement un effet inhibiteur sur la production du stock ; ceci si elles occupaient à biomasse égale et taux de croissance plus faible des territoires plus vastes que les petites langoustines. Pour ajuster les modèles de production, il faudrait alors attribuer un poids statistique différent aux petites et aux grosses langoustines suivant les classes d'âge ou de taille, présentes dans les captures. Un tel modèle serait intermédiaire entre les modèles de production en nombres utilisés en écologie fondamentale et les modèles en poids utilisés en dynamique des pêches.

Une dernière explication peut être proposée : les modèles de production sont déterministes, ils ne donnent aucune indication sur la variabilité qui peut exister autour des estimations centrales des captures en fonction de l'effort. FOX (1971) a montré par simulation, en respectant les conditions préalables des modèles de production, que l'hypothèse d'une variance résiduelle des captures proportionnelle au carré des captures est statistiquement la meilleure. Biologiquement, ceci est accentué par le fait qu'un stock très exploité même s'il n'a pas atteint une phase de surpêche, voit le nombre des groupes d'âge qui le constituent diminuer ; la population devient de plus en plus instable en fonction de la

variabilité même aléatoire du recrutement. Ces conditions sont appliquées artificiellement par l'homme à des espèces dont les stratégies de survie au niveau de la population n'ont pas évolué de manière à être adaptées aux conditions de structure d'âge qui leur sont artificiellement imposées. Un recrutement mauvais une année peut alors avoir des conséquences catastrophiques. Si cette interprétation est exacte, la déviation positive par rapport aux modèles ($35 \cdot 10^5$ tonnes alors que les modèles en prévoient $20 \cdot 10^5$) pourrait par effet stochastique tout aussi bien être négative. Les densités de probabilité autour de la courbe de régression ne sont vraisemblablement pas distribuées symétriquement de sorte qu'il n'est pas exact de conclure directement que si une déviation de $+ 15 \cdot 10^5$ tonnes a été atteinte, une déviation égale et de signe inverse est également possible. Mais cette éventualité pourrait avoir des conséquences catastrophiques pour la pêche.

En conclusion, le stock de langoustines de la région sud Bretagne ne semble pas avoir atteint un niveau de "surexploitation" ; la plupart des modèles indiquent au contraire que le niveau de production maximale n'a pas encore été atteint. Sur une base déterministe, le fait d'avoir éliminé les langoustines de grande taille c'est-à-dire d'avoir réduit le nombre de classes d'âge exploitées, semblerait avoir eu des conséquences plutôt favorables pour la production. Par contre, sur une base stochastique la situation actuelle peut être dangereuse. La potentialité de variabilité des captures d'année en année pourrait avoir fortement augmenté au cours du temps, ce qui aurait à plus ou moins long terme des conséquences économiques fâcheuses pour la pêche et risquerait même de mettre le stock en danger.

BIBLIOGRAPHIE :

- CHARUAU, A., 1975. Croissance de la langoustine sur les fonds du sud Bretagne. ICES Special meeting on population assessments of the shellfish stocks. Communication n° K 11 (mimeo) : 16 p.
- CONAN, G., 1975. Periodicité des mues, croissance et cycle biologique de *Nephrops norvegicus* dans le Golfe de Gascogne. C.R. Acad. Sc. Paris, série D, 281 : 1349-1352.
- FARMER, A.S., 1973. Age and growth in *Nephrops norvegicus* (Decapoda Nephropidae). Mar. Biol., 23 : 315-325.
- FOX, W.W., J.R., 1970. An exponential surplus-yield model for optimizing exploited fish populations. Trans. Am. Fish. Soc. 99 (1) : 80-88.
- FOX, W.W., J.R., 1975. Fitting the generalized stock production model by least-squares and equilibrium approximation. Fishery Bulletin U.S. 73 (1) : 23-36.
- GULLAND, J.A., 1961. Fishing and the stocks of fish at Iceland. G.B. Minist. Agric., Fish. Food, Fish. Invest., Ser. 2, 23 (4) : 1-32.
- GULLAND, J.A., 1969. Manual of methods for fish stock assessment. Part 1. Fish population analysis. F.A.O. Man. Fish. Sci. 4 : 154 p.
- HILLIS, J.P., 1976. Growth studies on the prawn, *Nephrops norvegicus*. ICES Special meeting on population assessments of the shellfish stocks. Communication n° K 59 (mimeo) : 12 p.
- PELLA, J.J. et P.K. TOMLINSON, 1969. A generalized stock production model. Inter Am. Trop. Comm., Bull. 13 (3) : 419-496.
- RICKER, W.E., 1973. Linear regressions in fishery research. J. Fish. Res. Bd. Canada, 30 : 409-434.
- SCHAEFER, M.B., 1954. Some aspects of the dynamics of populations important to the commercial marine fisheries. Inter Am. Trop. Tuna Comm., Bull. 1 (2) : 25-56.

SCHAEFER, M.B., 1957. A study of the dynamics of the fishery for yellowfin tuna in the eastern tropical Pacific Ocean. Inter Am. Trop. Tuna Comm., Bull. 2 (6) : 245-285.

PORTS	ANNEES D'OBSERVATION											MOYENNE GENERALE
	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	
CONCARNEAU / LESCONIL	1,32	1,66	1,53	1,29	1,52	1,30	1,30	1,27	1,28	1,27	1,26	1,36
CONCARNEAU / LOCTUDY	-	-	1,33	1,13	1,16	1,09	1,23	1,27	1,47	1,50	1,39	1,29
CONCARNEAU / LE GUILVINEC	-	-	-	1,73	1,94	1,98	1,57	1,52	1,88	1,73	1,67	1,75

Table 1 - Evaluation des rapports de proportionnalité des prises par unité d'effort annuelles de Concarneau comparées à celles des autres ports.

Modèle	Méthode d'ajustement	m	PUE max (kg/j)	PUE opt (kg/j)	E opt (jours)	C max (kg)	q	Tests d'ajustement
SCHAEFER	régression	2	130,1	65,1	27236,5	1772222,4		$r = 0,775$ (13 d d 1) $t = -4,43$ pour $b \neq 0$
SCHAEFER	efforts en transition	2	114,3	57,15	34323,1	1961568	$2,5 \times 10^{-4}$	
Exponentiel (FOX)	régression	1	118,2	43,5	52631,6	2289137,3		$r = 0,695$ (13 d d 1) $t = -3,48$ pour $b \neq 0$
Exponentiel (FOX)	efforts en transition	1	116,5	42,9	51652,58	2215895,7	$1,37 \cdot 10^{-4}$	
IELLA et TOMLINSON	efforts en transition GENPROD	0,8	118	38,7	60500	2339307,5	$1,1 \cdot 10^{-3}$ $4,6 \cdot 10^{-3}$	$S = 8,4 \cdot 10^{11}$ $R = 0,77$
PELLA et TOMLINSON par FOX	efforts fictifs : PRODFIT	1,74	106,9	50,57	44739	2262691	$2,1 \cdot 10^{-5}$ $2,6 \cdot 10^{-5}$	$SSQ = 0,36$ (10 d d 1)

Table 2 - Résultats comparatifs de l'ajustement des méthodes de production pour les années comprises entre 1958 et 1972.

Modèle	Années	a	b	ddl	r	Test t pour $b \neq 0$	Test t pour $b \neq 1$
SCHAEFER	1958 - 1976	138	- 0,0023	17	- 0,26	- 1,1135	- 1911,54
SCHAEFER	1958 - 1972	130	- 0,0024	13	- 0,0775	- 4,43	- 2395,6
Exponentiel (FOX)	1958 - 1976	5,03375	- 0,000026	17	- 0,249	- 1,06	- 163495,4
Exponentiel (FOX)	1958 - 1972	4,9396	- 0,000027	13	- 0,695	- 3,48	- 186199
SCHAEFER par GULLAND	1958 - 1976	-5105,5	0,287	15	0,189	0,747	- 1598,4
SCHAEFER par GULLAND	1958 - 1972	26,1	0,0025	10	0,43	1,5035	- 10,7

Table 3 - Régressions linéaires utilisées pour l'ajustement des modèles de SCHAEFER (1954, 1957) : $\bar{U}_i = a + b E_i$ et de FOX (1970) : $\text{Log } \bar{U}_i = a + b E_i$. E_i est l'effort observé au cours de l'année i, \bar{U}_i est la capture par unité d'effort moyenne observée au cours de l'année i. Les coefficients a et b ont été obtenus par régression fonctionnelle ; les coefficients r et les tests t correspondent à des régressions prédictives.

LEGENDE DES FIGURES :

- Fig. 1 : Localisation géographique approximative des fonds à langoustines exploités par les ports du Guilvinec, de Lesconil, de Loctudy et de Concarneau. Région sud Bretagne.
- Fig. 2 : Evolution des tonnages en fonction de l'effort dans les quatre ports réunis (a), au Guilvinec (b), à Loctudy (c), à Lesconil (d) et à Concarneau (e). Les points sont indicés suivant les années. Distributions de fréquence des longueurs de carapace recalculées à partir de données de longueur totale - Mâles et femelles non séparés. (f) Observations effectuées en été.
- Fig. 3 : Distributions de fréquences de longueurs de carapaces observées durant les mois d'été lorsque l'ensemble des classes d'âge est le mieux représenté. Les distributions de 1962 et 1965 ont été calculées à partir de données de longueurs totales.
- Fig. 4 : Evolution du pourcentage de "petites" et de "grosses" langoustines dans les tonnages débarqués entre les années 1958 et 1976 : a, b, c suivant les statistiques commerciales dans les ports de Loctudy, Lesconil et le Guilvinec ; en d, les pourcentages sont calculés à partir des distributions de fréquence de taille des figures 2, et 3 et de la définition commerciale valide en 1976 (petites : 22 à 29 mm de carapace).
- Fig. 5,6 : Ajustements du modèle de SCHAEFER aux données de 1958 à 1972 : 5 par régression ; 6 par la technique des efforts en transition.
- Fig. 7 : P.u.e. (a) et tonnages (b) portés en fonction d'efforts fictifs calculés suivant la méthode de GULLAND pour l'ajustement du modèle de SCHAEFER.
- Fig. 8,9 : Ajustement du modèle exponentiel de FOX aux données de 1958 à 1972 : 8 par régression ; 9 par la technique des efforts en transition.
- Fig. 10 : Ajustement du modèle de PELLA et TOMLINSON par la technique des efforts fictifs de FOX. Les données utilisées sont celles comprises entre 1958 et 1972.
- Fig. 11 : Ajustement du modèle de PELLA et TOMLINSON par la technique des efforts en transition. Les données utilisées sont celles comprises entre 1958 et 1972.
- Fig. 12 : Comparaison des valeurs finales calculées de prises par unité d'effort et de tonnages avec les valeurs observées. L'ajustement de la figure 11 est obtenu par minimisation des carrés des différences entre les valeurs des tonnages calculés et les valeurs des tonnages observés. Les données utilisées sont celles comprises entre 1958 et 1972.

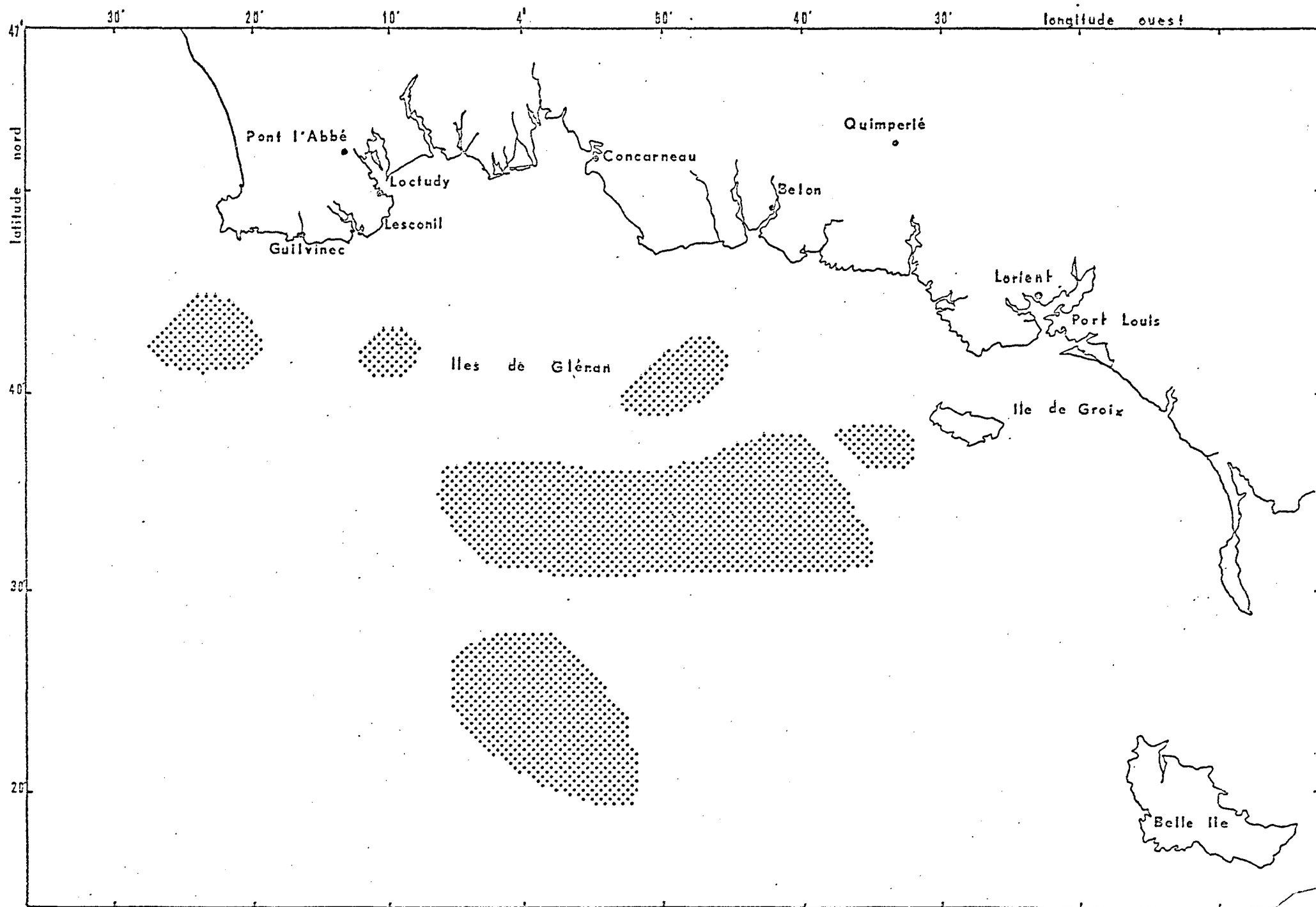
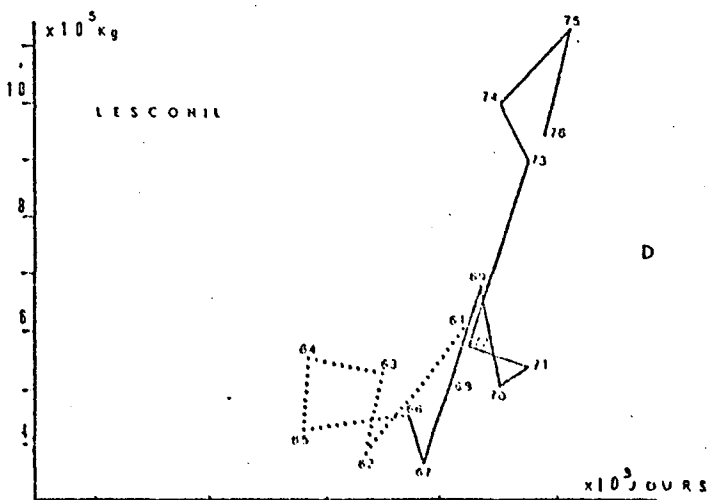
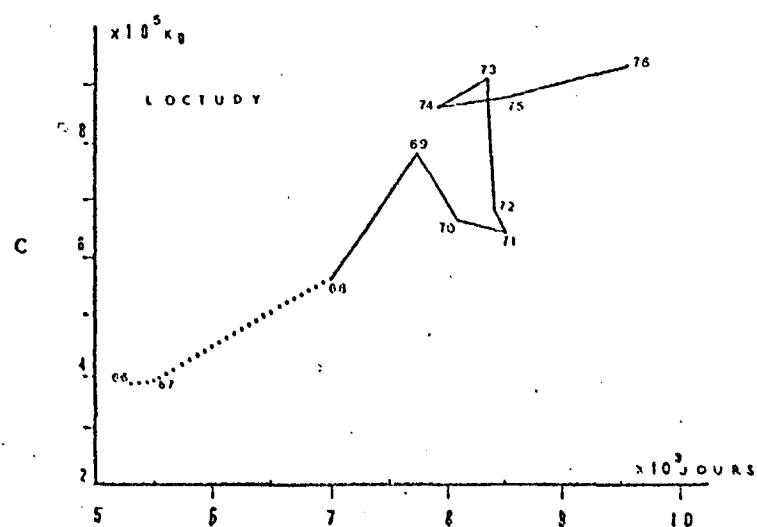
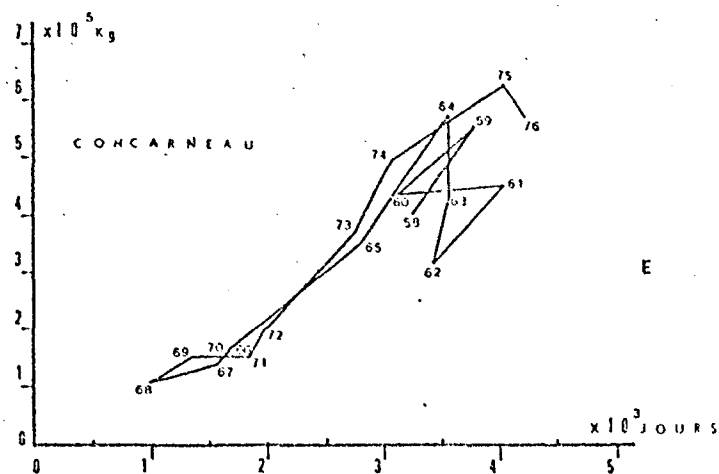
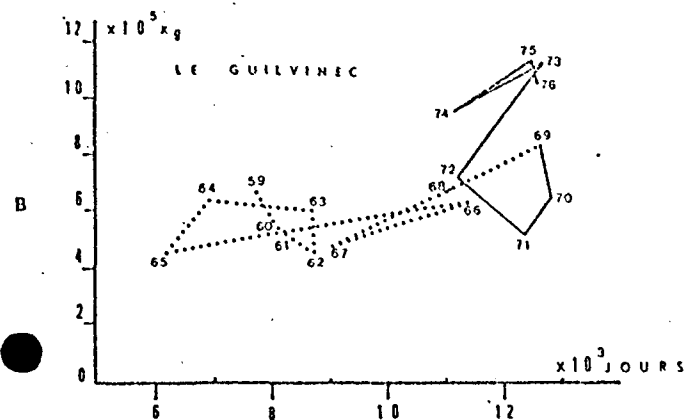
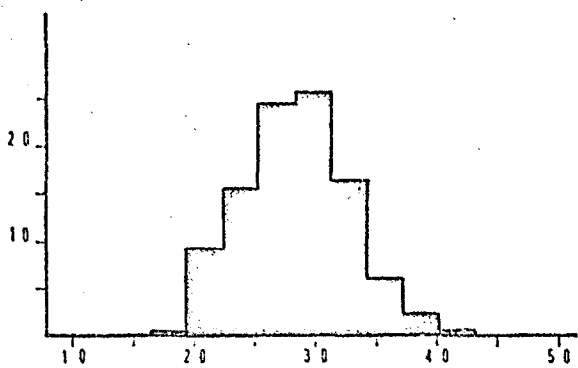
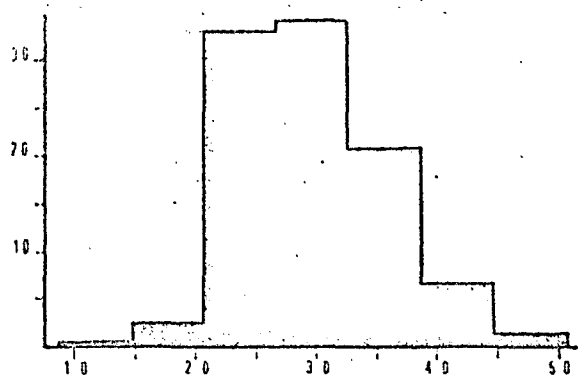
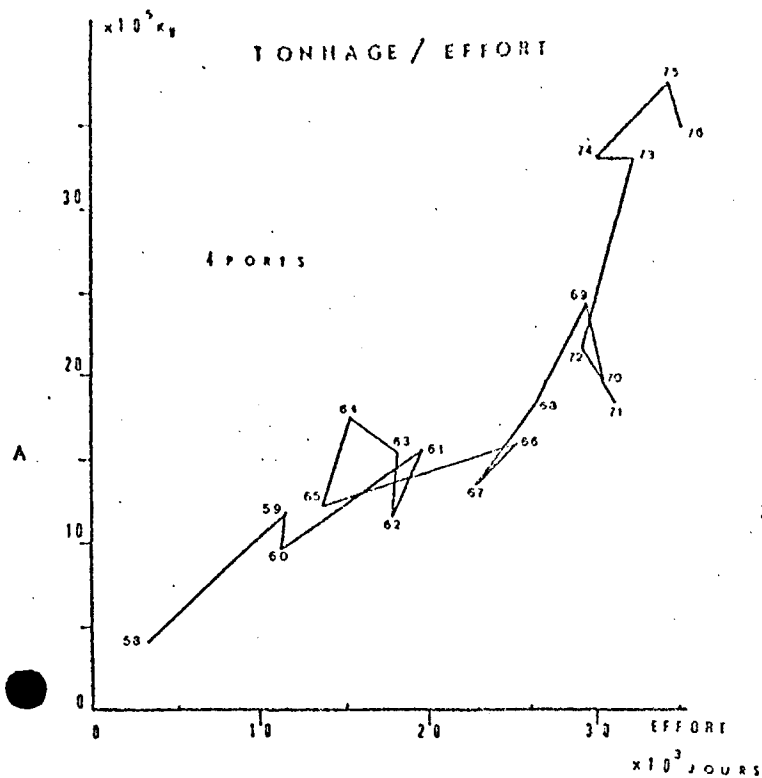


Fig. 1



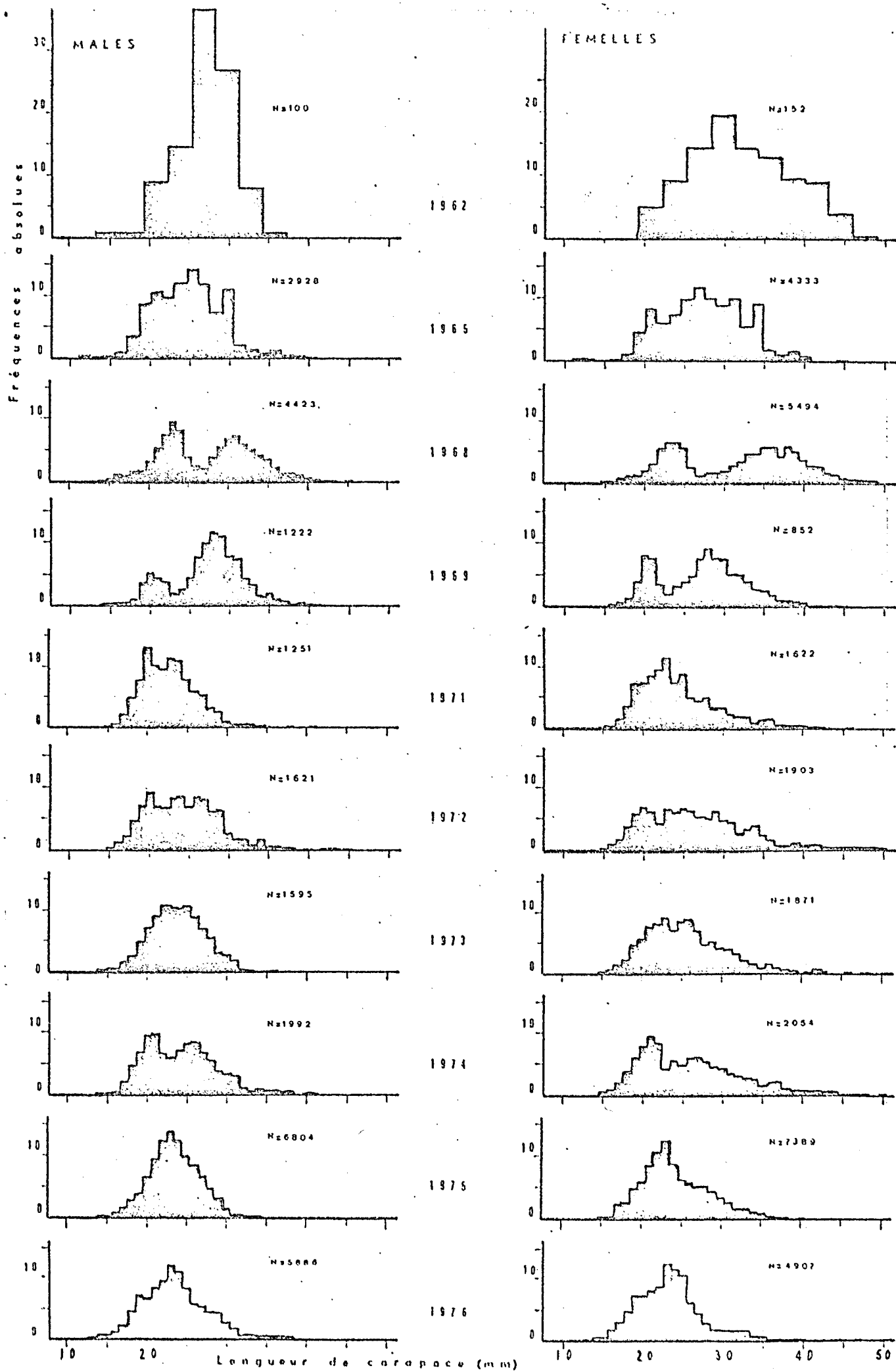


Fig. 3

DONNEES DE CRIEES

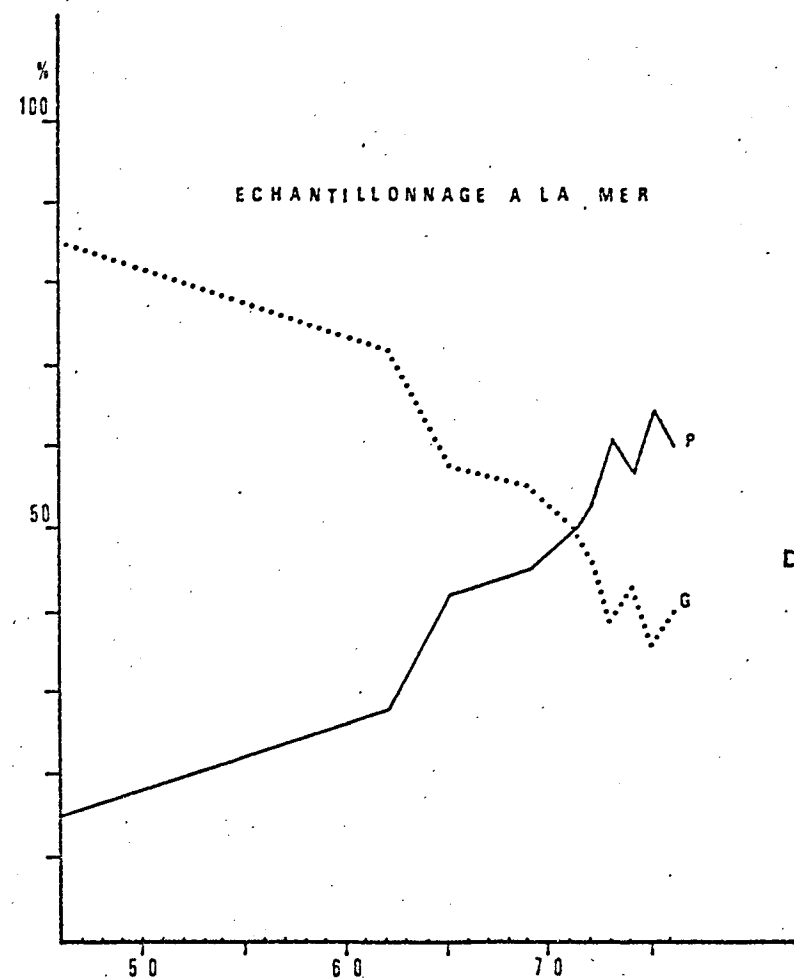
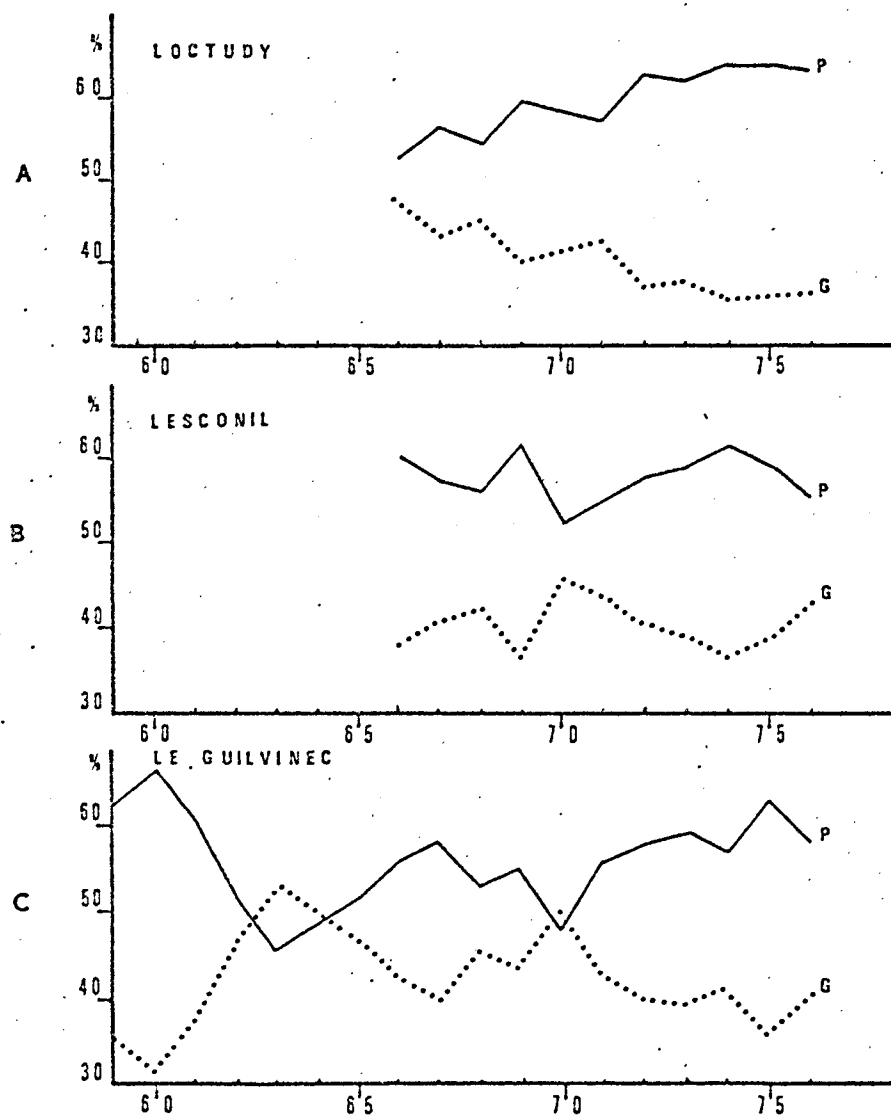


Fig. 4

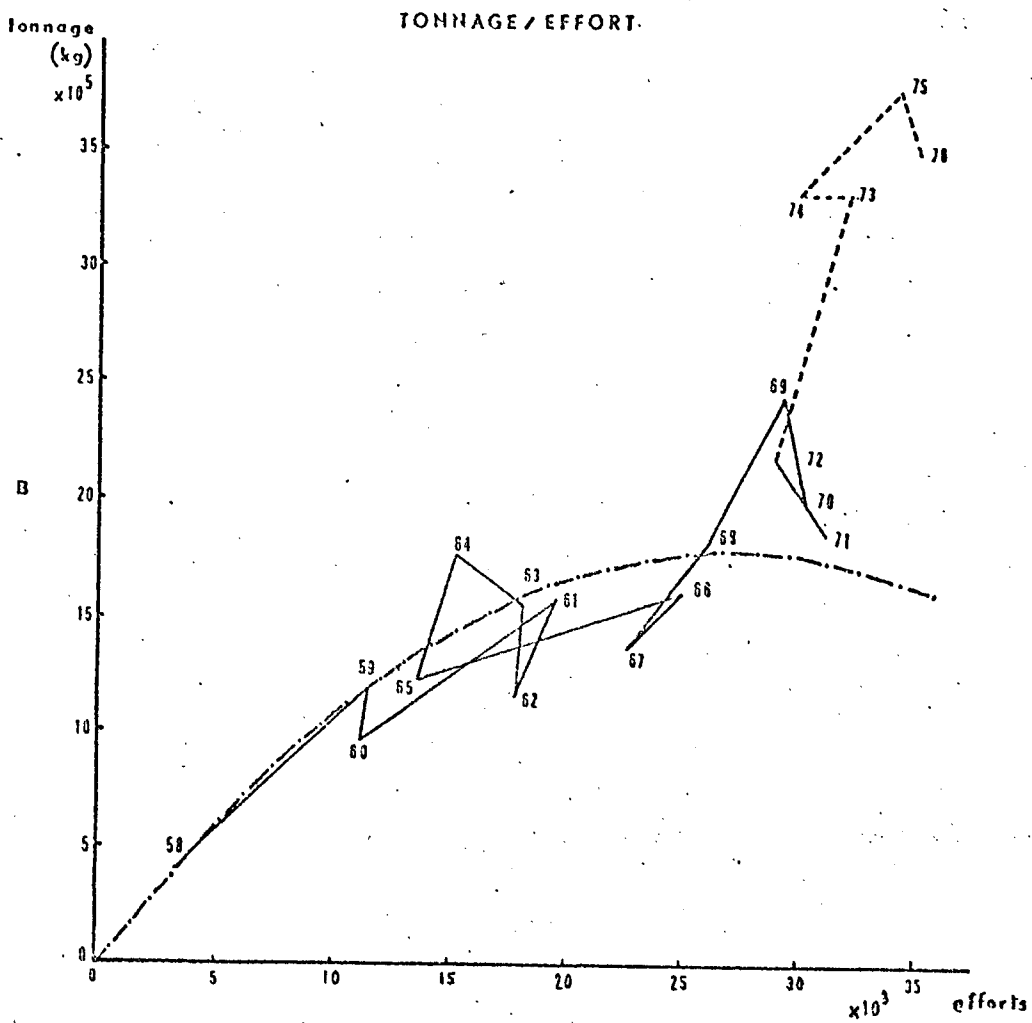
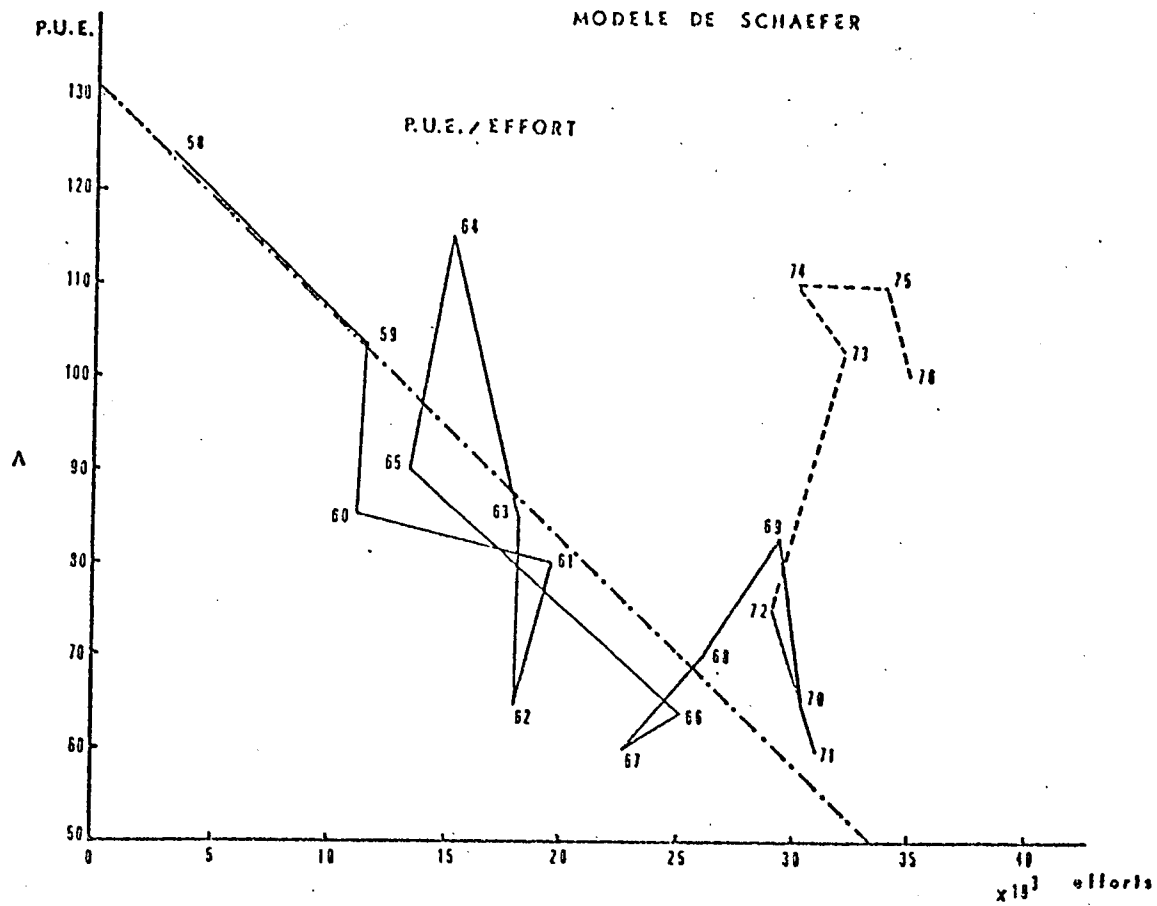


Fig. 5

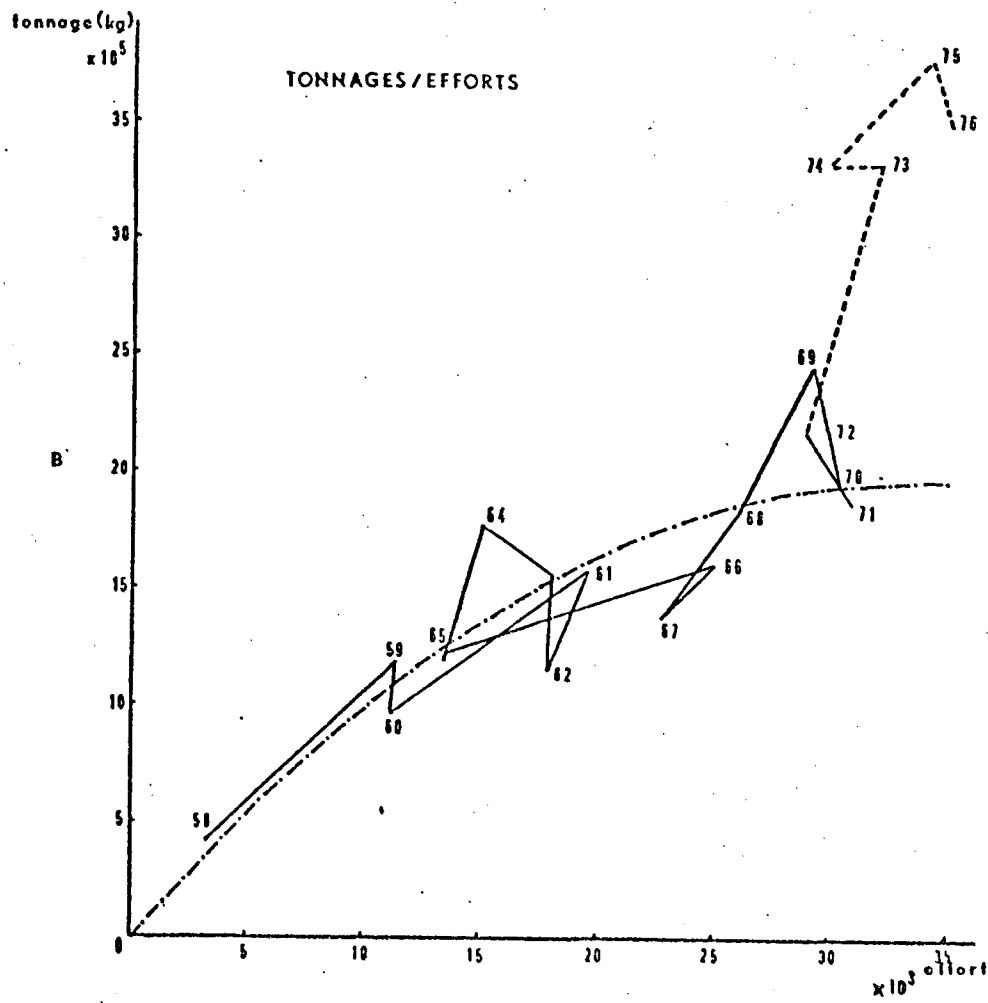
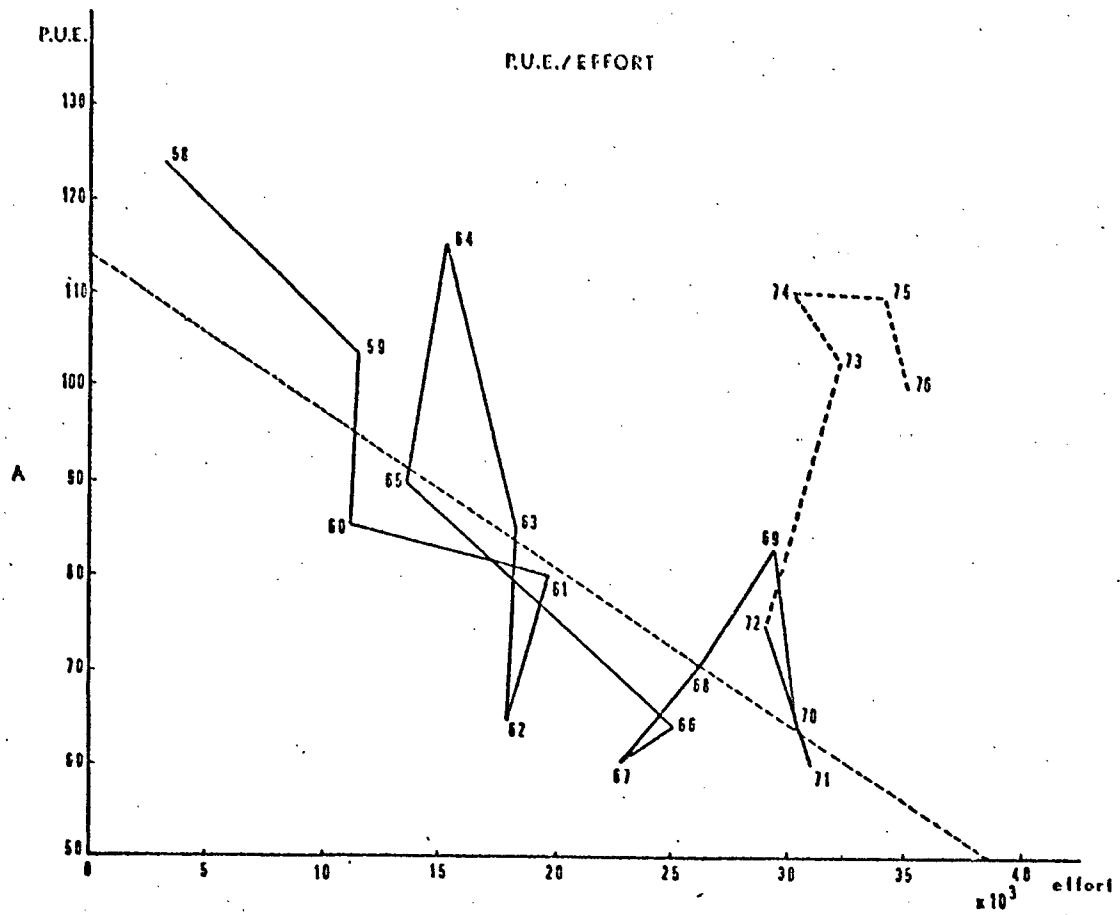
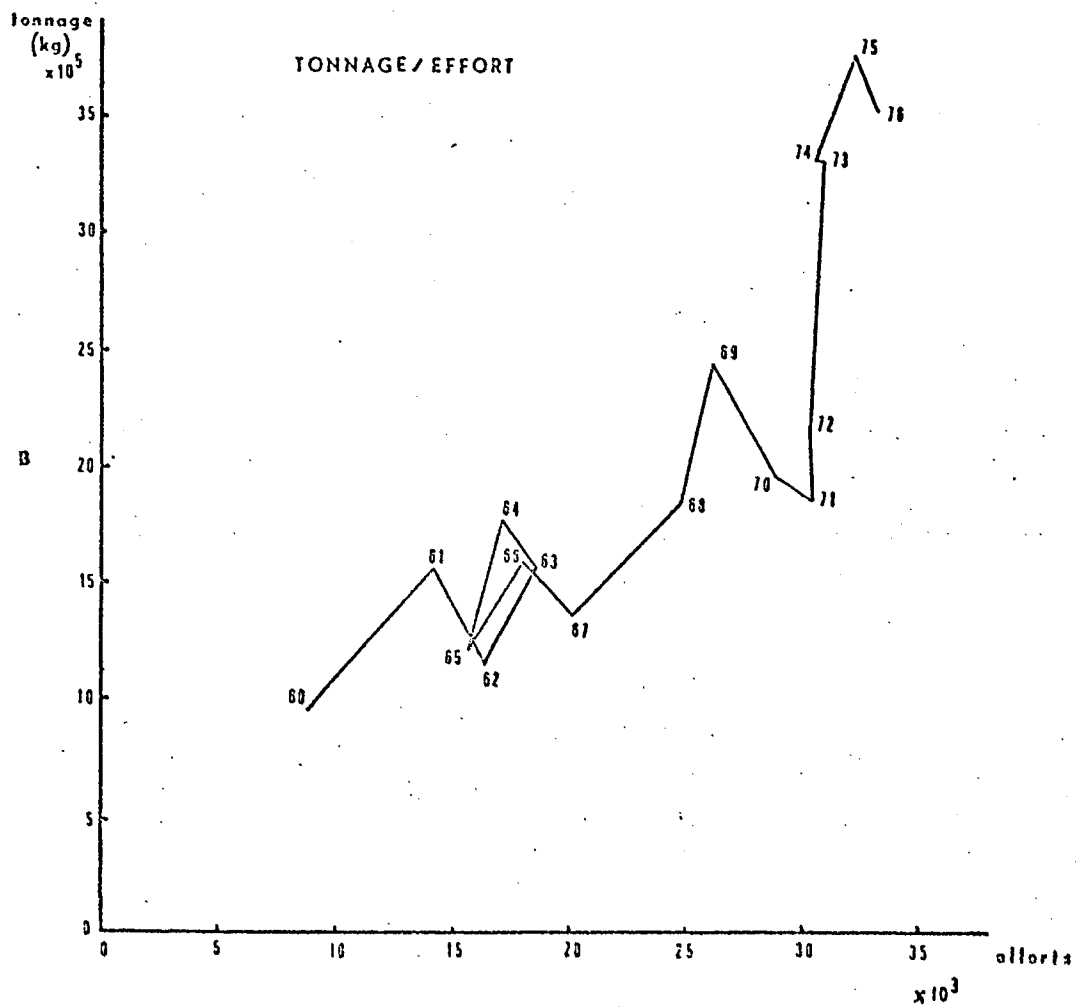
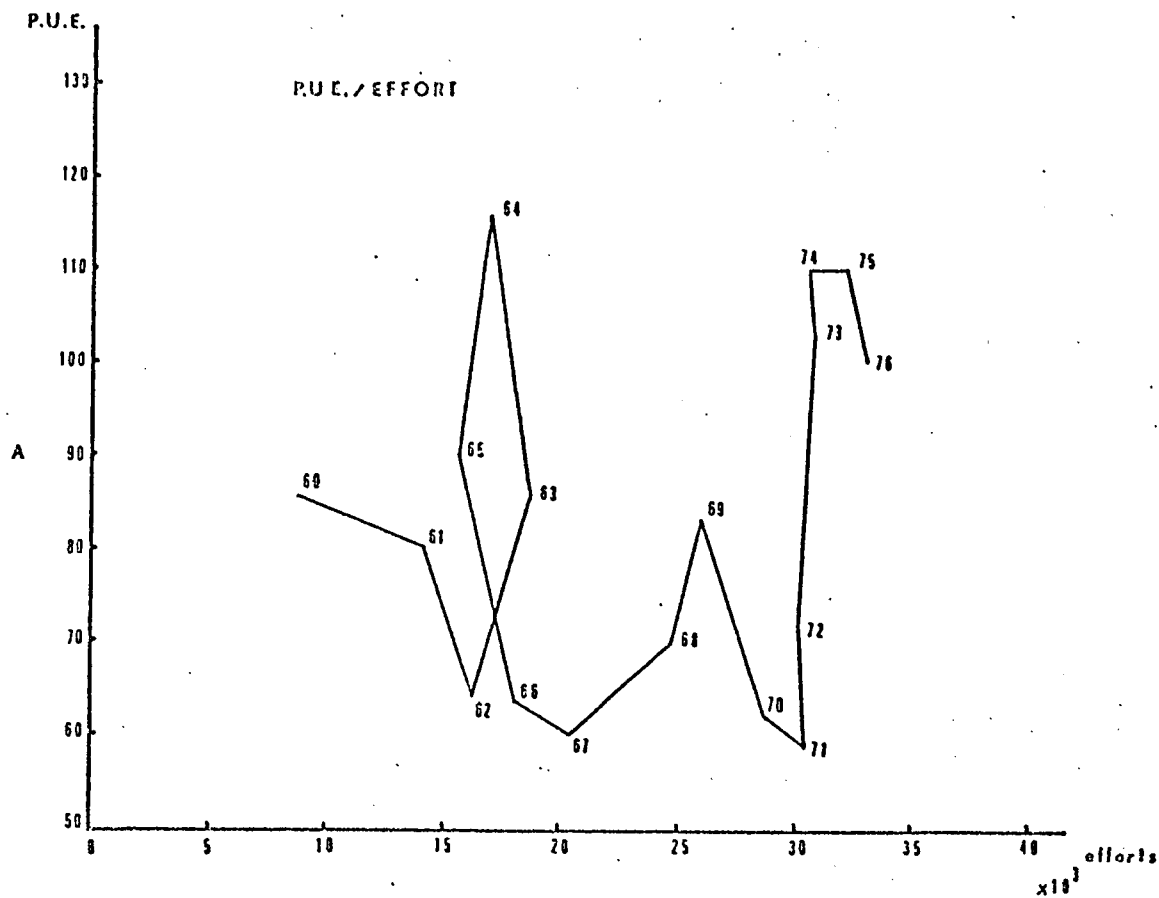


Fig. 6

METHODE DE GULLAND



MODELE EXPONENTIEL DE FOX

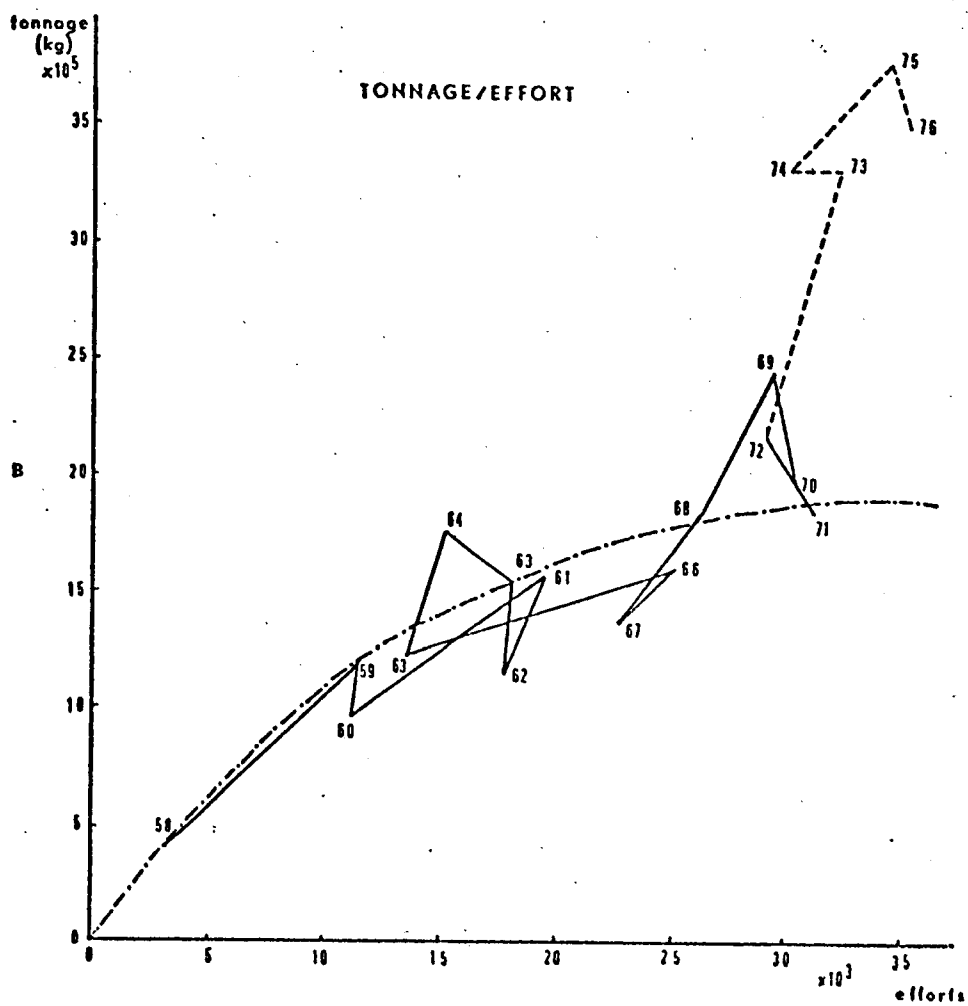
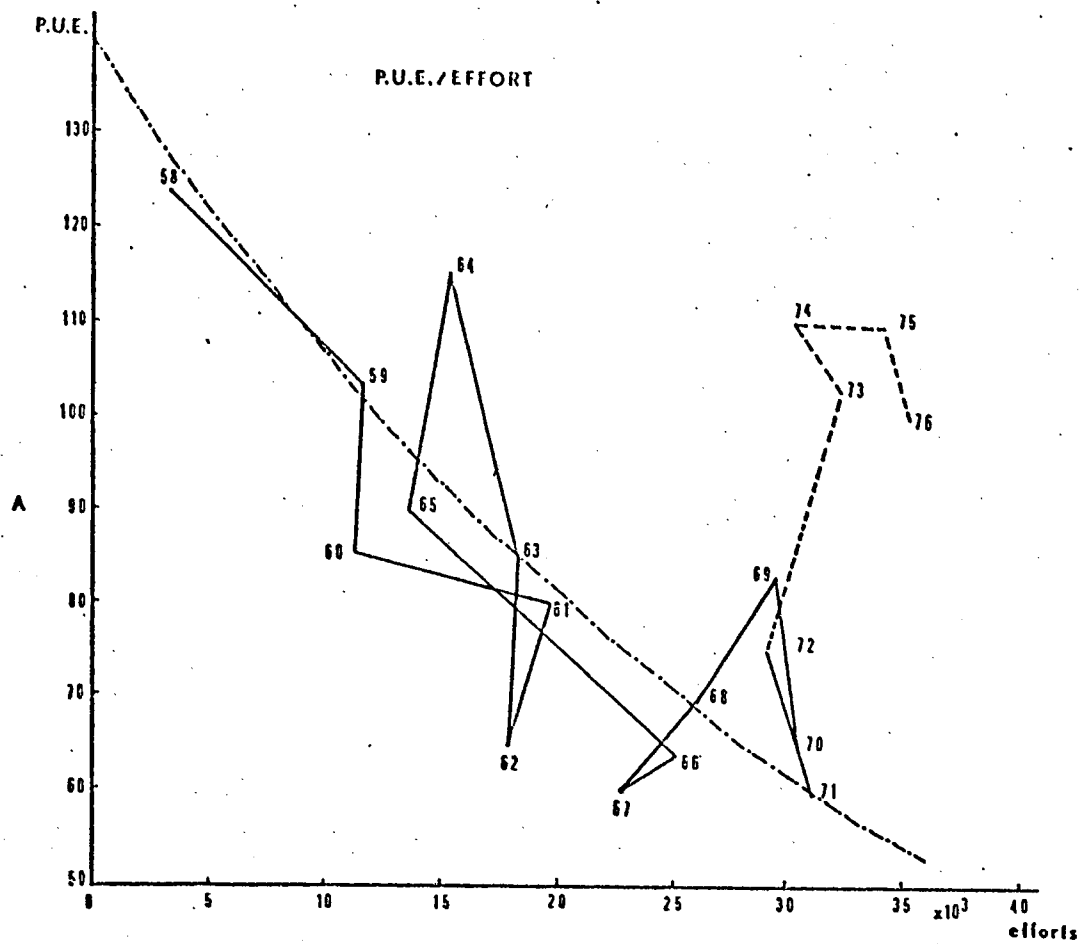


Fig. 8

MODELE EXPONENTIEL ΔU_i

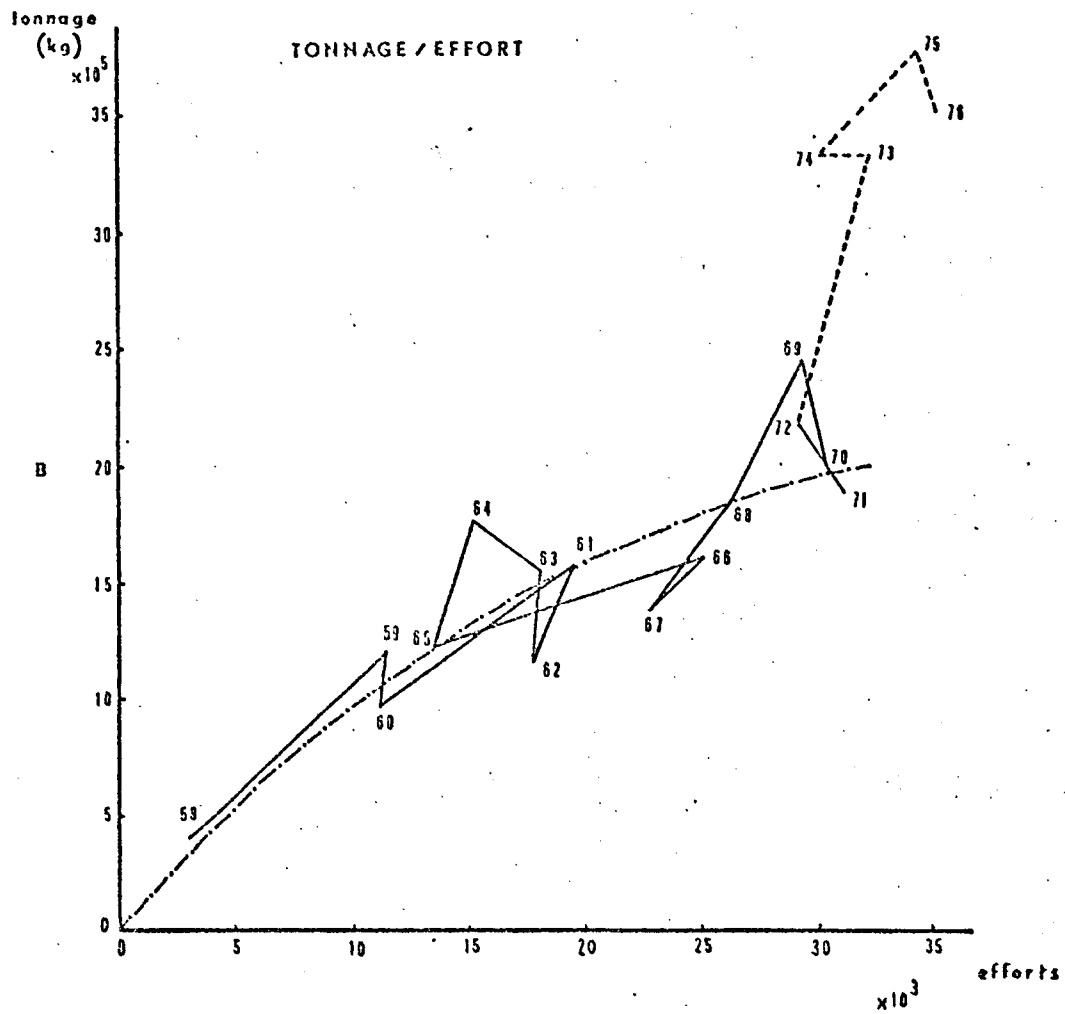
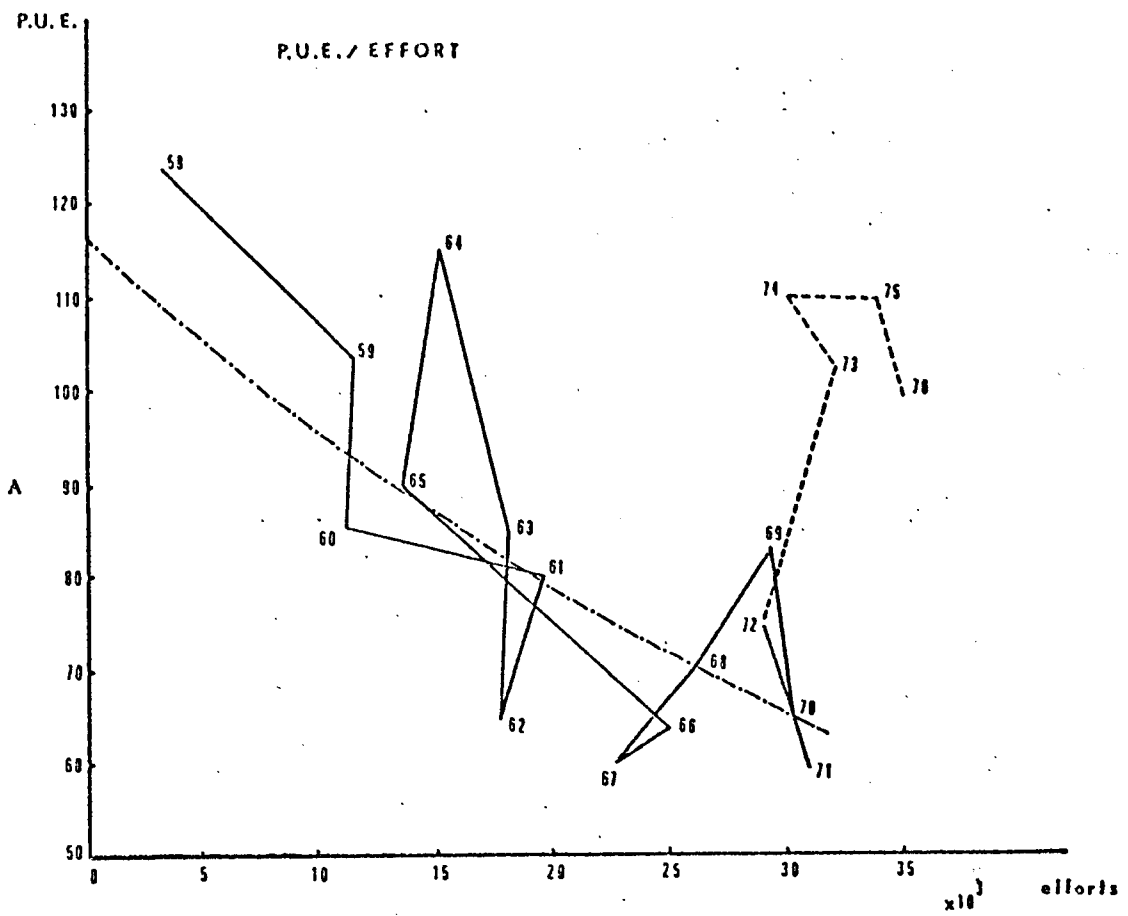


Fig. 9

MODELE DE FOX PROFIT

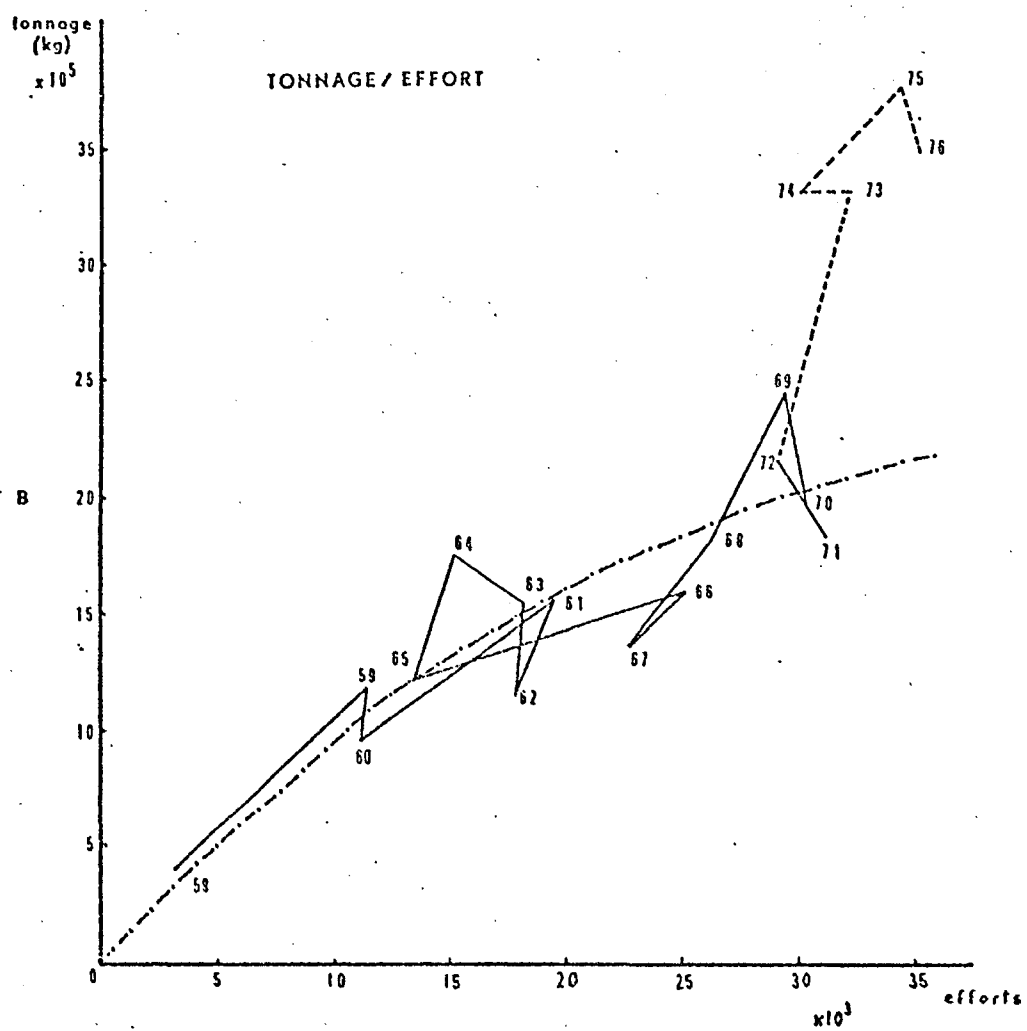
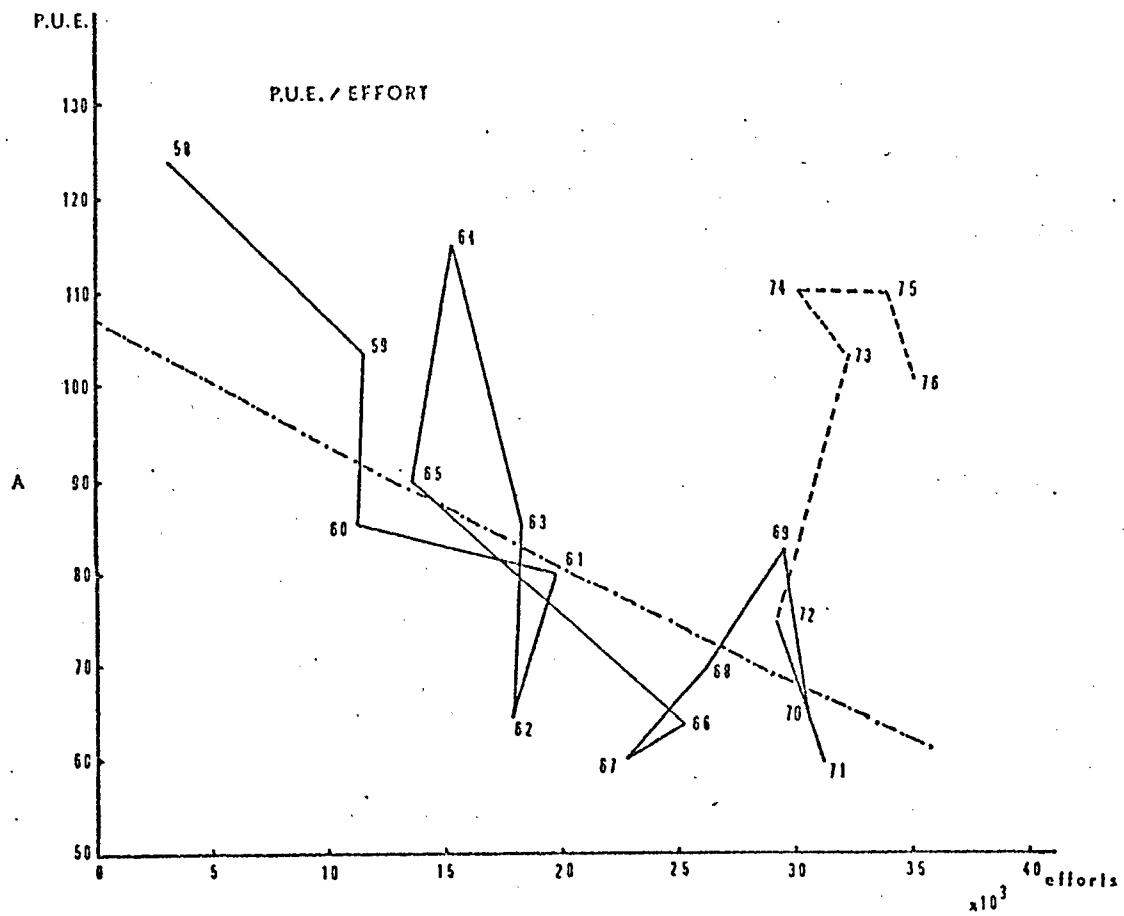


Fig . 10

PELLA et TOMLINSON
MODELE GENPROD

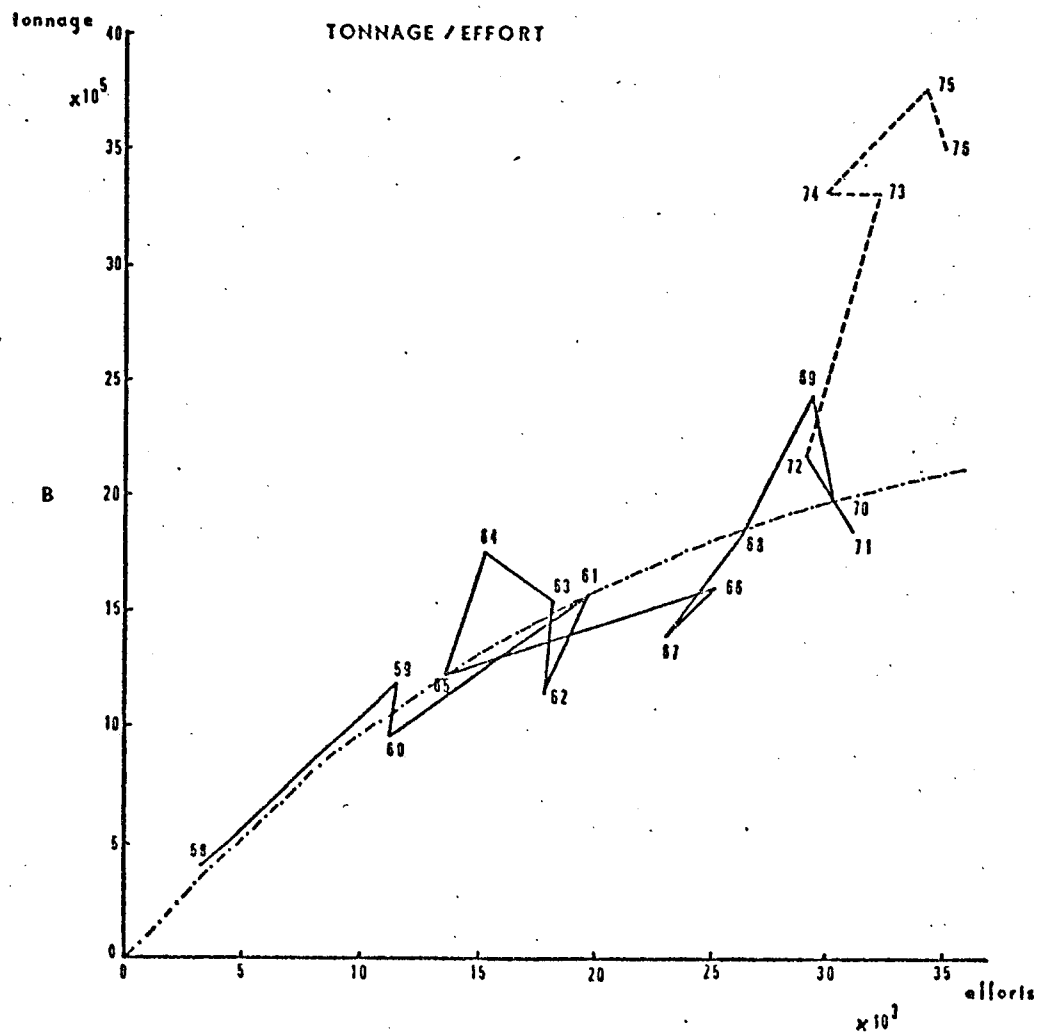
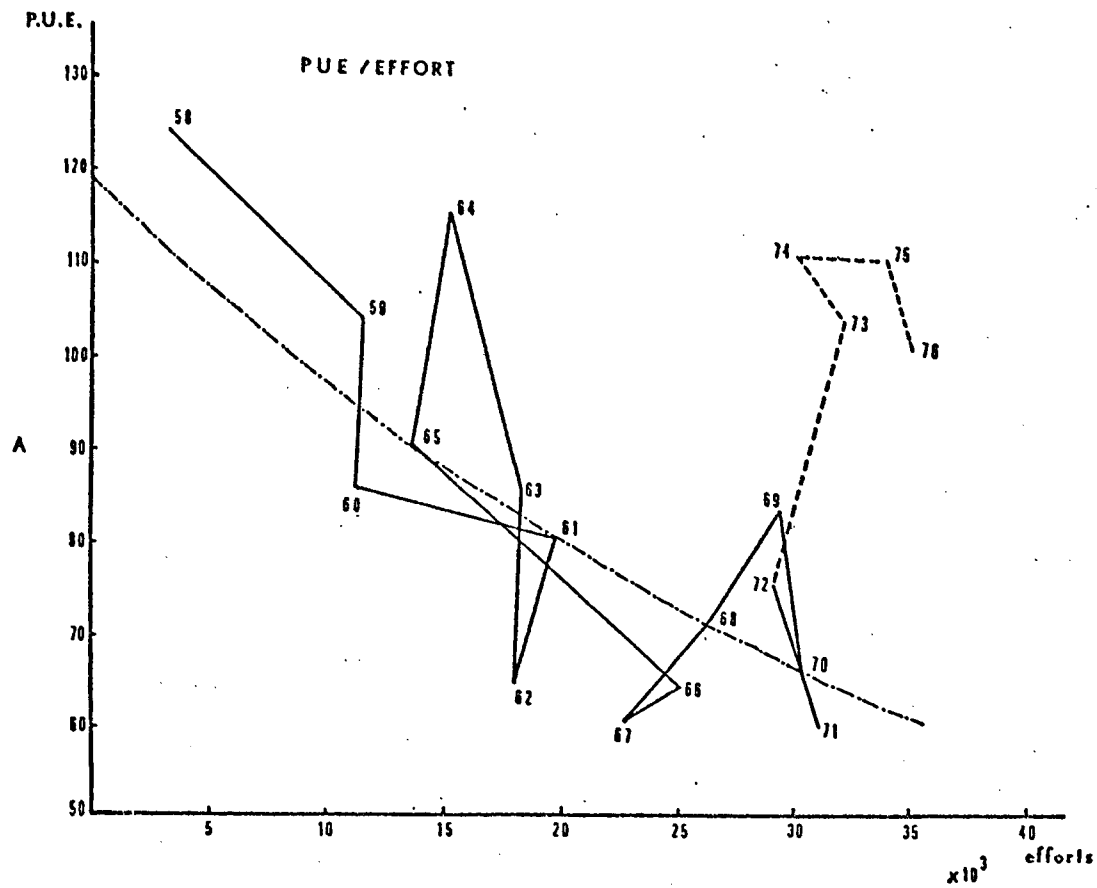


Fig. 11

MODELE GENPROD

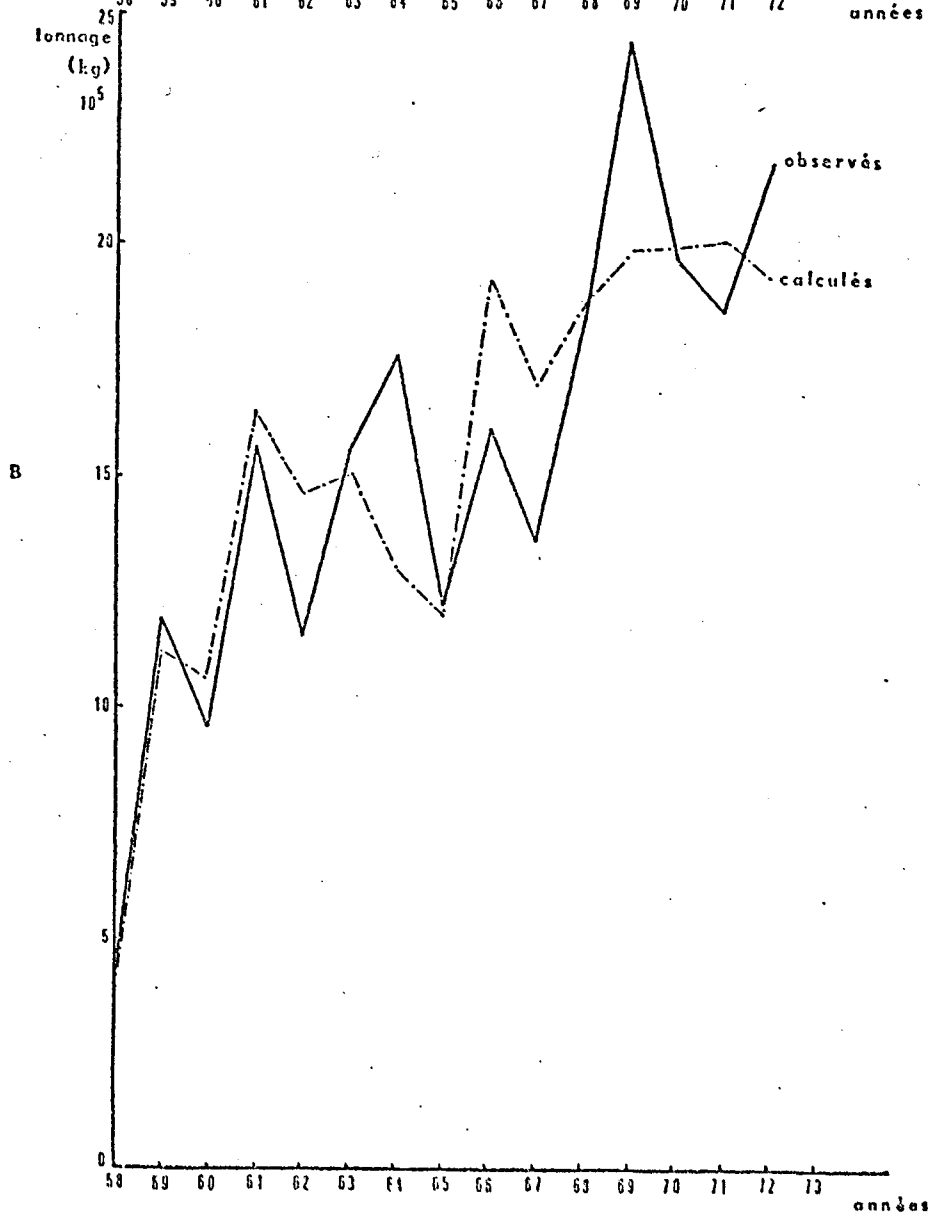
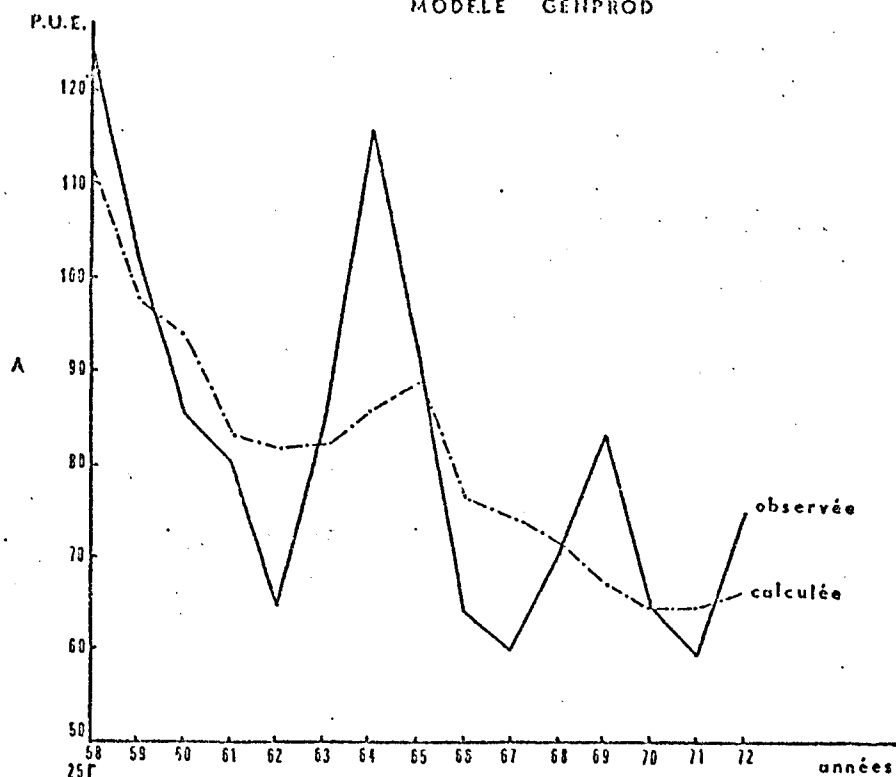


Fig. 12