

## Cinétique de l'allongement de tubercules d'Igname\*

Claude LIORET et Marie-Francine TROUSLOT

Laboratoire de Physiologie Végétale, Services scientifiques centraux de l'O.R.S.T.O.M., 70, route d'Aulnay, 93140, Bondy, France.

(Manuscrit reçu le 2 octobre 1982; accepté le 9 février 1983)

**Résumé.** La croissance en longueur de tubercules d'Igname (*Dioscorea*; complexe *D. cayenensis-D. rotundata*) appartenant à 3 cultivars a été suivie en fonction du temps. Les courbes de croissance ont une forme sigmoïdale régulière. Dans la proportion de 2/3 de l'effectif, les tubercules du cultivar « Sp Douce » présentent un allongement s'ajustant remarquablement au modèle de Gompertz. L'autre tiers des tubercules de ce cultivar ainsi qu'un peu moins de 50% des tubercules du cultivar « Lokpa » ont un allongement s'ajustant aussi au modèle de Gompertz, à l'exception des dernières valeurs mesurées avant atteinte de la longueur finale. La moitié des tubercules du cultivar « Krenglé » présente un allongement s'ajustant bien avec la loi logistique classique. La discussion suggère que la longueur finale des tubercules, dont l'allongement suit le modèle de Gompertz, est déterminée par un facteur interne; pour les tubercules dont la croissance en longueur s'ajuste à la loi logistique cette dimension serait limitée par des facteurs externes. *Mots clés* : tubercule, croissance, modèles mathématiques, Igname.

**Abstract.** The elongation of tubers of 3 cultivars of yam (*Dioscorea*; *D. cayenensis-D. rotundata* complex) has been measured. Growth curves have a regular sigmoidal shape. In the proportion of two thirds of the sample, tubers from cultivar "Sp Douce" have an elongation which remarkably fits the Gompertz model. The other third of tubers of this cultivar, as about 50% of tubers of cultivar "Lokpa", also have an elongation which fits the Gompertz model, excepting the last measured values before obtention of final length. Half of the sample of the tubers from cultivar "Krenglé" have an elongation which fits well the classical logistic law. Discussion suggests that the final length of the tubers, for which the increase in length follows the Gompertz model, is determined by an internal factor. For the tubers for which the increase in length follows the logistic law of growth, the size would be limited by external factors. Key words: tuber, growth, mathematical models, yam.

### INTRODUCTION

Le tubercule d'Igname (Dioscoréacées) constitue un aliment important des populations humaines vivant dans les zones intertropicales humides. Son utilisation repose sur de nombreux cultivars multipliés par voie végétative et appartenant à plusieurs espèces.

Lors d'une étude biométrique du développement de 6 cultivars différents de ce complexe, réalisée en Côte-d'Ivoire par l'un des auteurs (Trousot, 1978, 1982, 1983), il est apparu que, dans la grande majorité des cas, les valeurs successives de la longueur des tubercules s'ordonnaient, en fonction du temps, selon des courbes très régulières. Ces courbes ont un profil sigmoïdal classique, avec une phase de croissance accélérée, un point d'inflexion et une phase de croissance ralentie jusqu'à ce qu'une dimension définitive soit atteinte. Le présent article montre que, pour un

O. R. S. T. O. M. Fonds Documentaire

No : 15 723, ex 1

\* Article dédié à M. le Professeur A. Moysse.

nombre important de tubercules appartenant à 3 de ces cultivars, les cinétiques d'élongation peuvent être assimilées, avec une excellente probabilité, à des modèles classiques de croissance.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

**Matériel.** Les problèmes taxonomiques posés par les deux espèces ouest-africaines *Dioscorea cayenensis* Lamk. et *Dioscorea rotundata* Poir, ne sont pas résolus. Des spécialistes ne retiennent pas la séparation de deux espèces (Chevalier, 1936; Miège, 1952, 1968). Selon la proposition de plusieurs auteurs (Ayensu et Coursey, 1972; Martin et Rhodes, 1978), nous considérerons que les cultivars utilisés sont des membres du complexe *D. cayenensis*-*D. rotundata*. Ces Ignames possèdent un seul tubercule par pied; en culture cependant, 2 ou plusieurs tubercules peuvent se développer.

Cette analyse porte sur 15 pieds issus d'un clone appartenant au cultivar « Sp Douce », 19 pieds issus de deux clones du cultivar « Lokpa » et 28 pieds du cultivar « Krenglé » issus de tubercules d'une même provenance. Ces cultivars ont été choisis principalement du fait de la forme cylindrique régulière de leur tubercule et de leur abondance pour deux d'entre eux (cultivars « Lokpa » et « Krenglé ») dans les plantations villageoises de la Côte-d'Ivoire.

**Culture.** La culture a lieu dans le Sud de la Côte-d'Ivoire, en zone forestière, au centre de recherches O.R.S.T.O.M. d'Adiopodoumé (5° 19' N, 4° 13' W, 29 m), dont le climat subéquatorial humide est caractérisé par la succession d'une grande saison sèche de décembre à avril, d'une grande saison des pluies d'avril à fin juillet, d'une petite saison sèche en août et septembre, d'une petite saison des pluies en octobre et novembre.

La plantation s'effectue selon la pratique agricole à mi-avril, à partir de fragments de tubercules dépourvus de bourgeons, de masse voisine de 150 g, enterrés à environ 10 cm de profondeur. Les fragments sont plantés dans des bacs métalliques cubiques sans fond, d'environ 50 cm de côté, posés sur une épaisseur de parpaings, placés de 1 à 3 m les uns des autres sur un champ non ombré, et remplis de terre prélevée en forêt, grossièrement tamisée, enrichie en litière fermentée de bovins, traitée au nématicide. Le sol (sable tertiaire) à l'emplacement des bacs est retourné et également traité au nématicide. Un arrosage à l'eau ordinaire maintient le substrat humide quand cela est nécessaire.

**Mesures.** Une des faces verticales du bac constitue une porte s'ouvrant sur un compartiment séparé par une cloison (en plastique souple) de celui où les parties souterraines de la plante se développent. Pour la mesure, on en découpe une bande. La terre est éliminée avec soin, à l'aide d'un filet d'eau projeté par une pissette, pour dégager le tubercule en croissance. La longueur du tubercule, du lieu d'apparition sur le pré-tubercule (pôle proximal) à l'apex (pôle distal), est mesurée à l'aide d'un compas à pointes sèches. L'erreur absolue est de quelques millimètres. Les mesures sont effectuées tous les 8 à 14 j; quelques observations cependant sont distantes de 15 à 18 j.

**Traitement des données.** L'analyse des données est effectuée, pour chaque individu, par traitement des valeurs successives de la longueur de cet individu en vue d'obtenir une régression linéaire en fonction du temps. Soit  $l_j$  la longueur au temps  $t_j$  et  $L$  la longueur finale. La longueur initiale  $l_0$  au moment de l'induction du tubercule (temps zéro) est un paramètre inaccessible. La date d'apparition du tubercule correspond à l'observation d'une ébauche tubérisée haute de quelques mm à 29 mm chez les cultivars « Sp Douce » et « Krenglé », et à celle du premier signe visible de la tubérisation appelé « éclatement de la zone subéreuse » du « pré-tubercule » (Trouslot, 1978, 1982) chez le cultivar « Lokpa ». La première mesure prise en compte  $l_1$  a été choisie arbitrairement comme la première dont la valeur soit  $\geq 1$  cm. Le temps zéro des régressions linéaires construites est le temps  $t_1$  où cette longueur  $l_1$  est atteinte. Les données concernant des croissances ayant présenté des irrégularités (dessiccation prématurée des parties aériennes, morphogénèse atypique du tubercule) n'ont pas été prises en compte. Deux modèles d'interprétation de courbes de croissance, le modèle logistique et le modèle de Gompertz, ont été testés (cf. Lioret, 1974). La validité du modèle logistique est probable si les valeurs de l'expression

$$\ln \frac{l_j(L-l_1)}{l_1(L-l_j)}$$

s'ordonnent, en fonction de  $t_j$  sur une droite de pente positive passant par l'origine. La validité du modèle de Gompertz est probable si les valeurs de l'expression  $\ln \ln (L/l_j)$  s'ordonnent, toujours en fonction de  $t_j$ , sur une droite de pente négative. La théorie est explicitée dans la discussion.

**Validité des modèles.** Il est évident, par la définition même de notion de croissance, que la longueur  $l_j$  augmente en fonction du temps  $t_j$ . De ce fait, il résulte, dans la totalité des cas, que les tables statistiques existantes permettent de dire que les régressions linéaires, effectuées à partir de chacun des 2 modèles, sont plus que hautement significatives, alors que l'observation visuelle de la courbe obtenue permet souvent de constater un ajustement régulier, mais certainement différent d'une droite. Les lois de la statistique permettent d'affirmer qu'un modèle est plus probable qu'un autre si le coefficient de corrélation de la régression linéaire correspondante est plus proche de l'unité. C'est ce critère que nous adopterons. Nous admettons en plus, de façon arbitraire, que la régression linéaire est très satisfaisante si la valeur absolue du coefficient de corrélation  $|r|$  est  $\geq 0,99$ , ce qui est souvent le cas.

## RÉSULTATS

### Croissance des tubercules des cultivars « Sp Douce » et « Lokpa »

La croissance de 15 tubercules du cultivar « Sp Douce », appartenant à un seul clone, a été suivie pendant l'année 1975. La dimension finale moyenne  $\bar{L}$ , calculée sur ces 15 individus est de 39,6 cm avec un écart-type  $s = 4,3$ . En 1977, 19 pieds du cultivar « Lokpa » appartenant à deux clones différents ont été suivis : 13 pieds ont présenté une croissance régulière et parmi eux, seuls 9 individus possèdent un tubercule unique avec  $\bar{L} = 35,3$  cm et  $s = 2,8$ ; aucune différence interclonale n'a été observée. La figure 1 A représente à titre d'exemple, la courbe de croissance d'un individu « Sp Douce ». Pour tous les individus du cultivar « Sp Douce », les coefficients de corrélation obtenus par la transformation selon la loi de Gompertz sont nettement supérieurs à ceux obtenus selon la loi logistique. La figure 1 B représente la régression linéaire obtenue ainsi à partir des données de la figure 1 A.

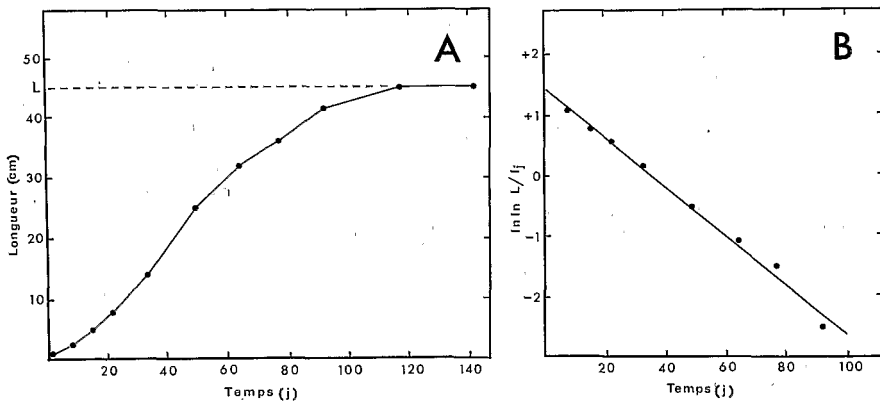


Figure 1. Croissance du tubercule n° B2 du cultivar « Sp Douce » (Growth of tuber n° B2 from cultivar « Sp Douce »).

A, longueur en cm ; B, transformation selon le modèle de Gompertz ( $r = 0,998$ ).

Pour 10 tubercules du cultivar « Sp Douce », sur les 15 suivis, l'ajustement est quasi parfait avec  $|r| \geq 0,995$ . Pour 4 tubercules de ce cultivar et 3 tubercules du cultivar « Lokpa », le dernier point, correspondant à la longueur mesurée la plus proche de la longueur maximale  $L$ , s'écarte significativement de la droite construite à partir de l'ensemble des autres points (cf. fig. 4). Pour un tubercule du cultivar

« Sp Douce » et les 6 restants du cultivar « Lokpa », ce sont les deux ou trois derniers points (sur un total compris entre 9 et 12) qui s'écartent de la droite de régression (fig. 2). Les valeurs absolues des coefficients de corrélation sont nettement supérieures à 0,99 (comprises entre 0,992 et 0,999) lorsqu'elles sont calculées en ne tenant pas compte des dernières mesures non conformes au modèle. Cette valeur absolue chute (pouvant atteindre 0,935) lorsque le calcul de  $r$  prend en compte la totalité des points expérimentaux. Cet écart des derniers points au modèle, auquel s'ajuste si remarquablement la grande majorité des premiers, est trop fréquent pour être attribué au hasard. Il est systématique pour le cultivar « Lokpa ».

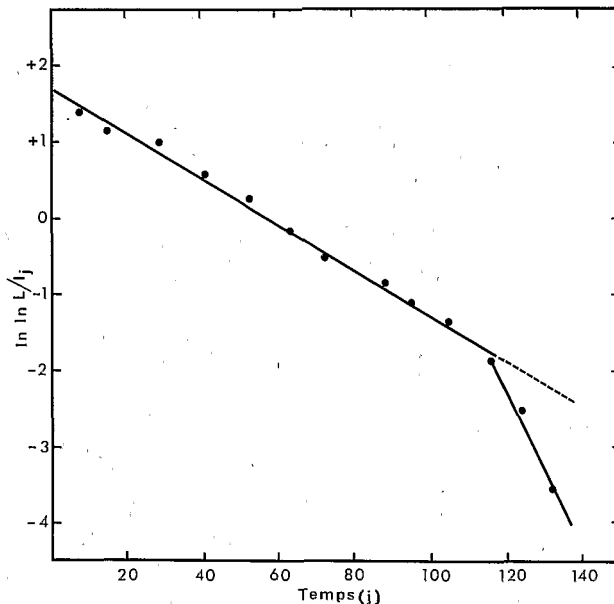


Figure 2. Transformation, selon le modèle de Gompertz, de la courbe de croissance du tubercule n° B1 du cultivar « Lokpa » (Transformation, according to the Gompertz model, of growth curve of tuber n° B1 from cultivar «Lokpa»).

Le point 0 correspond à la date d'initiation visuelle ( $r$ , calculé sur les premiers points = 0,996).

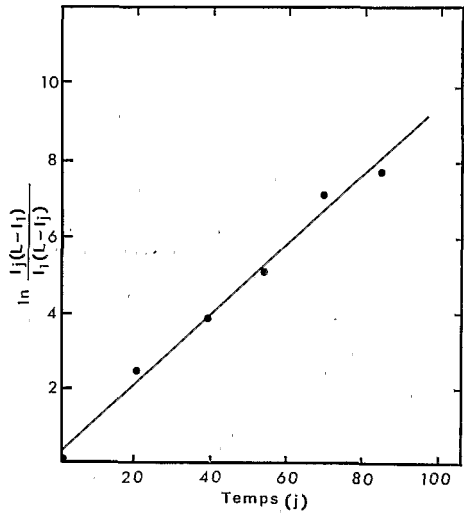
### Croissance des tubercules des cultivars « Krenglé »

Les mesures ont porté sur 3 pieds en 1975 et 25 pieds en 1976; 24 pieds ont présenté une croissance régulière avec  $\bar{L} = 20,1$  cm et  $s = 4,3$ . Pour ce cultivar, la croissance est plus faible et le nombre de valeurs utilisables moindre (entre 5 et 8 points par régression linéaire). Les valeurs absolues des coefficients de corrélation obtenus par la transformation selon la loi logistique sont toujours supérieures à celles obtenues après transformation selon la loi de Gompertz. La figure 3 illustre un bon ajustement à cette loi.

Pour 12 tubercules sur 24, les valeurs de  $r$  sont supérieures à 0,99. Pour 6 tubercules, on a  $0,982 \leq r < 0,99$ . Pour les 6 tubercules restants, on a  $0,965 \leq r < 0,982$ . Pour ce dernier groupe, on peut considérer que l'ajustement à la loi logistique est improbable.

**Figure 3.** Transformation, selon le modèle logistique, de la courbe de croissance du tubercule 48-75 du cultivar « Krenglé » (Transformation, according to the logistic model, of growth curve of tuber n° 48-75 from cultivar "Krenglé").

$r = 0,997$ . Le coefficient de corrélation de l'ajustement de cette courbe selon le modèle de Gompertz est :  $-0,985$ .



**DISCUSSION**

Les résultats décrits montrent qu'un nombre très significatif de tubercules présentent des cinétiques d'allongement qui s'ajustent avec une bonne probabilité à des modèles classiques de croissance : modèle de Gompertz pour le cultivar « Sp Douce » et (à l'exception des dernières valeurs) pour le cultivar « Lokpa »; modèle logistique pour le cultivar « Krenglé ».

Le modèle de Gompertz est basé sur l'hypothèse selon laquelle le taux de croissance  $\mu_j$  décroît exponentiellement soit :

$$\mu_j = \frac{dl}{l_j dt} = \mu_0 e^{-kt_j} \tag{1}$$

$\mu_0$  est le taux de croissance initial au temps zéro,  $k$  est le taux de décroissance de  $\mu$ . L'intégration de l'équation (1) donne :

$$\ln l_j = -\frac{\mu_0}{k} e^{-kt_j} + cte$$

Quand  $t_j \rightarrow \infty$ ,  $l_j \rightarrow L$  d'où  $cte = \ln L$ .

Donc

$$\ln \frac{l_j}{L} = -\frac{\mu_0}{k} e^{-kt_j} \tag{2}$$

ou

$$\ln \ln \frac{L}{l_j} = \ln \frac{\mu_0}{k} - kt_j \tag{3}$$

L'équation (3) est celle utilisée pour construire la droite de régression : le coefficient directeur est égal à  $-k$ ; l'intersection avec l'axe des ordonnées correspond à  $\ln(\mu_0/k)$ . Il est possible, ainsi, d'accéder en principe aux valeurs des deux paramètres  $\mu_0$  et  $k$ .

Il n'y a pas de problème pour  $k$ . Il n'en est pas de même pour  $\mu_0$ , étant donné la méconnaissance du temps zéro. L'éclatement de la zone subéreuse est un signe précis du fait que l'initiation du tubercule a eu lieu (Trouslot, 1978, 1982). Mais ce n'est que la manifestation d'un processus amorcé depuis un certain temps. Pour le cultivar « Sp Douce » une variabilité notable apparaît en ce qui concerne la date d'apparition d'une ébauche tubérisée. Un tubercule (individu A2) avait atteint 2,2 cm le 27 juin, alors qu'un autre (individu B3) n'était perceptible que le 10 juillet et atteignait 2 cm le 18 juillet. Pour tenter d'approcher un ordre de grandeur du paramètre  $\mu_0$ , nous avons admis arbitrairement que le temps zéro  $t_0$  est défini lorsque la longueur  $l_0$  de l'ébauche du tubercule est de 500  $\mu\text{m}$ , soit quelques cellules. On suppose une variabilité relative faible de cette grandeur. On montre facilement que, si pour  $t = 0$ ,  $l_j = l_0$ , on a

$$L = l_0 e^{\mu_0/k} \quad (4)$$

d'où

$$\mu_0 = k \ln(L/l_0) \quad (5)$$

Le tableau 1 donne les valeurs mesurées de  $k$  et calculées de  $\mu_0$  pour les différents pieds du cultivar « Sp Douce ». Il est remarquable que ces deux paramètres ne sont pas indépendants. Les rapports  $\alpha = \mu_0/k$  sont très voisins, souvent identiques.

**Tableau 1.** Paramètres caractéristiques de l'allongement selon le modèle de Gompertz, pour 15 tubercules du cultivar « Sp Douce » (Characteristic parameters of elongation, according the Gompertz model, for 15 tubers of cultivar "Sp Douce").

$L$  : longueur maximale en mm ;  $k$  : taux de décroissance du taux de croissance ; ce paramètre est déterminé par la pente de la droite de régression ; les derniers points, lorsqu'ils ne sont pas alignés, ne sont pas pris en compte pour cette détermination ;  $\mu_0$  : taux de croissance initial en  $\text{j}^{-1}$  ; le paramètre est calculé pour  $l_0$  (longueur initiale) = 500  $\mu\text{m}$  ; CV : coefficient de variation.

n°	$L$	$k$	$\mu_0$	$\alpha = \mu_0/k$
B4	360	0,052	0,342	6,58
B5	430	0,047	0,317	6,76
B1	440	0,038	0,257	6,78
B2	450	0,039	0,264	6,80
B3	390	0,049	0,329	6,66
B6	425	0,052	0,353	6,75
C1	430	0,051	0,350	6,69
C2	382	0,058	0,386	6,64
A4	335	0,049	0,318	6,64
A5	332	0,060	0,390	6,50
C8	405	0,048	0,320	6,69
C3	394	0,054	0,359	6,66
C4	465	0,044	0,301	6,82
A2	350	0,043	0,282	6,56
A6	355	0,053	0,347	6,56
Moyenne	396	0,049	0,327	6,67
Ecart type	43	0,006	0,040	0,096
CV	11 %	12,9 %	12,1 %	1,4 %

Nous admettons qu'il s'agit d'une constante définissant le clone. Cette constante est liée au fait que les valeurs de  $L$  se situent dans une fourchette étroite. Si les 2 paramètres  $\mu_0$  et  $k$  étaient indépendants, la variabilité des dimensions finales serait

considérablement plus grande :  $L$  pourrait être comprise entre 4 cm (plus petite valeur de  $\mu_0$  et plus grande valeur de  $k$ ) et plus de 120 cm (plus grande valeur de  $\mu_0$  et plus faible valeur de  $k$ ). La constante  $\alpha$  définit le clone étudié dans les conditions utilisées et impose la dimension finale :

$$L = l_0 e^\alpha \tag{6}$$

laquelle sera atteinte plus ou moins précocement par rapport à la date de plantation en fonction : (a) du moment de l'apparition d'une ébauche tubérisée (cf. ci-dessus); (b) de la valeur de  $k$ , un développement initial rapide dure un temps limité un développement initial lent se poursuit plus longtemps (fig. 4).

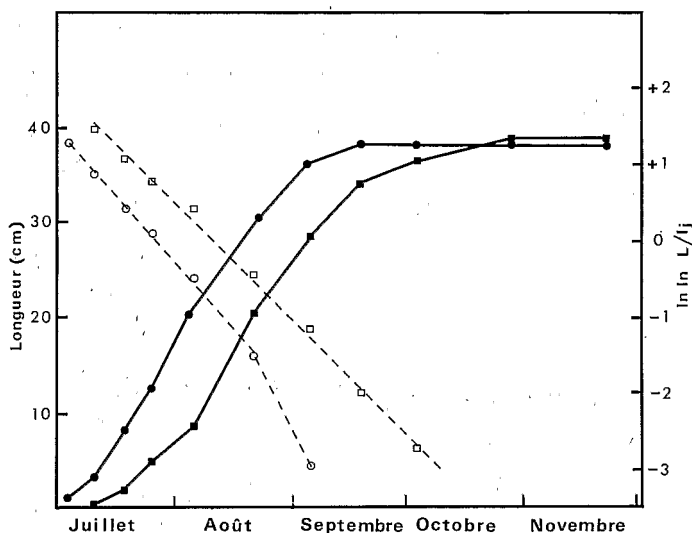


Figure 4. Croissance (symboles noirs) et transformation selon le modèle de Gompertz (symboles clairs) des tubercules n° C2 (cercles) et B3 (carrés) du cultivar « Sp Douce » (Growth (black symbols) and transformation according to the Gompertz's model (white symbols) for tuber n° C2 (circles) and n° B3 (squares) of cultivar "Sp Douce").

Les deux tubercules atteignent des dimensions très voisines ( $\alpha = 6,66$  pour les deux); le n° C2 ( $k = 0,058$ ) a terminé sa croissance beaucoup plus précocement que le n° B3 ( $k = 0,049$ ).

La loi de croissance peut s'écrire :

$$l_j = L e^{-\alpha} e^{-kt_j} \tag{7}$$

Le paramètre  $\alpha$  paraît rendre compte d'un facteur, présent en quantité initiale limitée, qui disparaît au cours du temps selon une cinétique du premier ordre (décroissance exponentielle de taux  $k$ ). Ne voyant pas, dans les conditions expérimentales utilisées, quel pourrait être le facteur externe qui suivrait une telle loi, il est suggéré que le paramètre  $\alpha$  correspond à un facteur interne caractéristique du génôme. Ce facteur imposerait la dimension finale  $L$ . Selon les individus, la diminution du taux de croissance  $\mu$  est plus ou moins rapide. Le paramètre  $k$ , taux de cette diminution, paraît présenter une variabilité individuelle nettement plus ample que celle de  $\alpha$ . La nature du déterminisme, interne ou externe, de la variabilité de  $k$  demeure en question.

Le fait que les dernières valeurs mesurées avant l'arrêt de la croissance ne s'ajustent pas avec le modèle de Gompertz ne peut être attribué au hasard. Le phénomène de croissance des tubercules est nécessairement fini puisque l'appareil aérien se dessèche et ne peut plus fournir d'assimilats aux parties souterraines. Mais la cassure sur la droite de régression intervient toujours avant la sénescence et le dessèchement des lianes. En fin de croissance, il y aurait intervention d'un nouveau facteur, limitant ou inhibiteur, arrêtant rapidement la croissance. De toutes façons, il est *a priori* peu étonnant que la réalité correspondant à une croissance finie s'écarte de la théorie mathématique indiquant une dimension finalement atteinte après un temps infini.

Le modèle logistique pose que le taux de croissance  $\mu_j$  au temps  $t_j$  est proportionnel à la différence entre la dimension maximale  $L$  et la dimension atteinte  $l_j$  à cet instant soit :

$$\mu_j = \frac{dl}{l_j dt} = \beta(L - l_j) \quad (8)$$

Une interprétation cohérente de cette équation est basée sur l'hypothèse de l'épuisement d'un facteur externe limitant, épuisement dû à la croissance elle-même : plus l'organisme est volumineux plus il consomme. Monod (1942), reprenant une idée de Deschamps (1902), pose que la vitesse de consommation du facteur est proportionnelle à la vitesse de croissance. Si  $x$  est la dose de facteur, on a :

$$\frac{dx}{dt} = -\gamma \frac{dl}{dt} \quad (9)$$

(soit  $x_j = -\gamma l_j + \text{cte}$ , si  $t \rightarrow \infty$ ,  $x_j$  s'épuise  $\rightarrow 0$  et  $l_j \rightarrow L$  d'où :  $\text{cte} = \gamma L$  et :

$$x_j = \gamma(L - l_j) \quad (10)$$

En supposant que le taux de croissance est proportionnel à  $x_j$ , soit  $\mu_j = \lambda x_j$ , et en posant  $\beta = \gamma\lambda$  on obtient bien  $\mu_j = \beta(L - l_j)$  (8).

Selon le modèle de Gompertz, la décroissance du facteur limitant suit une loi propre non directement liée à la dimension atteinte. Il s'agit là d'une différence fondamentale entre les deux modèles. on peut également interpréter la croissance selon le modèle logistique pour l'accumulation, proportionnelle à la vitesse de croissance, d'un facteur toxique (Lioret, 1974). Dans le cas du cultivar « Krenglé », il existe des données allant dans le sens de l'intervention de facteurs externes limitant les dimensions des tubercules. Lorsqu'ils sont cultivés dans la région de Bouaké, en zone de savane, dans des conditions d'humidité plus faibles et d'éclairement plus intense qu'en zone forestière, ils atteignent une longueur nettement plus élevée que celle des pieds cultivés près d'Abidjan (I.R.A.T., 1969). Il serait intéressant de réaliser l'analyse de la croissance dans un biotope plus favorable.

En conclusion, si pour de nombreux tubercules d'Ignames, il ne paraît pas possible d'interpréter le phénomène de croissance par des lois formelles simples, l'ajustement remarquable d'un nombre non négligeable d'individus à de telles lois est un fait qu'il nous a paru utile de signaler. L'analyse des courbes de croissance peut constituer une approche de l'étude du déterminisme des dimensions finales.

**Remerciements.** Ce travail a été réalisé dans le cadre d'un programme initié à la demande du Ministère de la Recherche Scientifique de la République de Côte-d'Ivoire et animé par le Professeur B. Touré, doyen de la Faculté des Sciences de l'Université d'Abidjan. Nous remercions J. Dejardin, biométricien à l'O.R.S.T.O.M., pour ses précieux conseils.



## BIBLIOGRAPHIE

- Ayensu E.S. et Coursey D.G., 1972. — Guinea yams: the botany, ethnobotany use and possible future of yams in West Africa. *Econ. Bot.*, **26**, 301-318.
- Chevalier A., 1936. — Contribution à l'étude de quelques espèces africaines du genre *Dioscorea*. *Bull. Mus. Hist. Nat. Paris*, **8**, 520-551.
- Deschamps J.J., 1902. — Principes de la Biologie rationnelle. *Bull. Soc. Philomat. Paris*, **4**, 127-135.
- I.R.A.T., 1969. — Rapport annuel de l'Institut de Recherches agronomiques tropicales et des Cultures Vivrières, Côte-d'Ivoire, 14-25.
- Lioret C., 1974. — L'analyse des courbes de croissance. *Physiol. Vég.*, **12**, 413-434.
- Martin F.W. et Rhodes A.M., 1978. — The relationship of *Dioscorea cayenensis* and *D. rotundata*. *Trop. Agric. Trinidad*, **55**, 193-205.
- Miège J., 1952. — Contribution à l'étude systématique de *Dioscorea* ouest-africains. *Thèse Doct. Etat*, Faculté des Sciences, Paris.
- Miège J., 1968. — *Dioscoreaceae*. Dans *Flora of West Tropical Africa*, 2d édit., **3**, part **1**, J. Hutchinson, J.H. Dalziel et F.N. Hepper, éd., Milbank, Londres, 144-154.
- Monod J., 1942. — *Recherches sur la croissance des cultures bactériennes*. Hermann, Paris.
- Trousot M.F., 1978. — Croissance et tubérisation de quelques cultivars de *Dioscorea cayenensis* Lamk. Séminaire international sur l'Igname, Buea (Cameroun), L.S.F. provisional report n° 3, 153-182.
- Trousot M.F., 1982. — Croissance et tubérisation chez quatre cultivars du complexe *Dioscorea cayenensis*-*D. rotundata*. Dans *Yams*, J. Miège et S.N. Lyonga, éd., Clarendon Press, Oxford, 118-146.
- Trousot M.F., 1983. — Morphogenèse et analyse de la croissance de l'Igname (*Dioscorea*, complexe *D. cayenensis*-*D. rotundata*). *Thèse Doct. Etat*, Université de Clermont-Ferrand.