

## **Bilans nutritionnels chez le porc irradié à forte dose (1 100 rd) sur la moitié postérieure du corps**

par F. DABURON, P. H. DUÉE \*, Y. TRICAUD, D. BOURHOVEN, CI. MARION

Laboratoire de Radiobiologie appliquée  
Département de Protection, C. E. A., I. N. R. A.

\* Station de Recherches sur l'Élevage des Porcs, I. N. R. A.,  
78350 Jouy en Josas.

---

**Summary.** *Nutritional balance of pigs irradiated on the hind part with 1 100 rd of <sup>60</sup>Co gamma rays.*

The hind part of 10 adult miniature pigs was irradiated with 1 100 rd of <sup>60</sup>Co gamma rays. The dietary mineral (Na, K, Ca, P), nitrogen and lipid balances of the animals were studied before and 1, 3 and 5 months after irradiation. While the classical early lesion of the intestinal mucosa recovered quite satisfactorily within one or two months, a pancreatic atrophy process developed progressively which might play a major role in the nutritional state of the pigs and thus in their survival. Concerning nutritional balance, nitrogen and sodium retention were perturbed until 5 months post-irradiation ; cyanocobalamin absorption remained very low. Dry and organic matter utilization recovered nearly normal values in the 3rd or 5th month.

---

### **Introduction.**

Les conséquences d'une irradiation abdominale aiguë au niveau du tube digestif ont donné lieu à de nombreuses études : la plus grande partie concerne les lésions histologiques et enzymologiques de la muqueuse intestinale. Les autres s'appliquent aux troubles fonctionnels qui englobent les phénomènes de sécrétion, d'absorption, de motricité, de circulation sanguine locale et d'écologie microbienne. Un certain nombre de revues bibliographiques et d'ouvrages ont développé ces différents points (Conard, 1956 ; Bond, 1963 ; Sullivan, 1968 ; Gorizontov, 1971 ; Daburon *et al.*, 1975) après le travail de base de Quastler (1956).

Mais les aspects nutritionnels du syndrome gastro-intestinal d'irradiation ont été peu abordés (Jehotte, 1954 ; White *et al.*, 1955) à cause des difficultés à conduire une réanimation chez les petites espèces de laboratoire et de la courte survie des animaux. Nous avons vu auparavant l'intérêt du porc dans ce type d'études, applicables à l'homme (Daburon et Duée, 1976).

Dans la mesure où la dose d'exposition n'est pas trop élevée et permet une certaine restauration de la muqueuse (jusqu'à 1 100-1 200 rd chez le porc, Daburon *et*

*al.*, 1975), il est important de pouvoir apprécier la récupération fonctionnelle par des moyens relativement simples et non traumatisants, qui donnent en fait une évaluation globale des phénomènes de digestion, suffisante en premier lieu pour conduire la réalimentation orale.

### Matériel et méthodes.

1. *Animaux.* — Nous avons utilisé 10 porcs de race Pitman Moore, 6 femelles et 4 mâles castrés, âgés de 1 an et pesant entre 32 et 46 kg (moyenne 40 kg). Les observations ont été réalisées d'octobre 1974 à octobre 1975 sur 5 groupes de 2 animaux, maintenus dans des cages à métabolisme permettant un recueil séparé des urines et des fèces, à l'intérieur d'une animalerie dont la température est restée comprise entre 18 et 22 °C.

2. *Conditions d'irradiation.* — Les animaux ont reçu 1 100 rd (au plan médian) sur la partie postérieure du corps en arrière de l'appendice xyphoïde, la partie antérieure étant protégée par deux plaques de plomb parallèles de 7,5 cm d'épaisseur ; l'installation décrite précédemment (Vaiman *et al.*, 1968 ; Daburon *et al.*, 1975), comprend 8 sources de <sup>60</sup>Co placées symétriquement quatre à quatre de chaque côté de l'animal. Le débit de dose à la peau était pour cette série d'expériences de 60 rad/mn et la dose absorbée au plan médian de 45 rd/mn environ. La protection de la partie antérieure du corps assure, dans ces conditions, la survie de 7 à 8 p. 100 de la moelle osseuse qui suffisent à mettre à l'abri du syndrome hématologique (Maas *et al.*, 1972).

3. *Alimentation.* — Après irradiation, tous les sujets ont reçu une alimentation parentérale continue apportant quotidiennement, avec 2 l d'eau de boisson, entre 2,2 et 5,4 g d'azote et 1 000 à 1 500 kcal pendant une durée de 9 jours (Daburon et Duée, 1976). Puis l'alimentation orale a été reprise progressivement pour atteindre, en un mois et demi, la ration des témoins avant irradiation. L'aliment, distribué à raison de 1 kg par jour en deux repas, est à base d'orge complétée par diverses sources protéiques et par un mélange minéral et vitaminique. Il apporte quotidiennement 3 130 kcal d'énergie digestible et 150 g de matières protéiques. On adjoint 3 l d'eau à chaque repas.

4. *Prélèvements. Bilans.* — Les bilans ont été établis sur 6 animaux témoins d'une part, et en fonction du nombre d'individus survivants après irradiation, sur 9 animaux après 1 mois, sur 7 après 3 mois et enfin sur 5 après 5 mois.

Après une période d'adaptation d'une semaine, les bilans étaient effectués sur 5 jours : chaque matin, un vingtième de la quantité d'urine émise était prélevé sous acide et réuni aux autres prélèvements du même animal, le mélange étant conservé au froid ; les fèces étaient recueillies en totalité et stockées à — 20 °C ; à la fin de la période de bilan, elles étaient mélangées soigneusement et une partie aliquote était lyophilisée.

Nous avons séparé, pour les résultats du premier mois, le groupe des 6 animaux s'alimentant normalement et pour lesquels des bilans ont été réalisés sur 5 jours, du groupe de 3 porcs qui n'avaient pas retrouvé le taux de consommation des témoins et pour lesquels les bilans ont été prolongés sur 9 jours (tabl. 3). Les données relatives à

ce deuxième groupe ne sont pas présentées au tableau 3 car les quantités ingérées étaient trop faibles pour établir des bilans valables.

### 5. Mesures.

a) *Urine*. L'azote a été dosé par la méthode de Kjeldahl à l'autoanalyseur Technicon ; le sodium, le potassium et le calcium par spectrophotométrie de flamme (Eppendorf) selon les modalités décrites par Gueguen et Rombauts (1961), et le phosphore selon la méthode Gomorri (1942) (Merckotest n° 3331).

b) *Fèces*. La matière sèche des fèces a été déterminée après étuvage à 70 °C pendant 48 h et la matière organique après minéralisation à 550 °C pendant 18 h. L'azote fécal a été dosé de la même façon que l'urine à partir des fèces lyophilisées et l'azote soluble dans le surnageant après traitement des fèces à l'acide trichloroacétique à 20 p. 100. Les minéraux ont été dosés à partir des cendres après dissolution chlorhydrique et nitrique. Les lipides ont été déterminés par la méthode de Folch *et al.* (1957) modifiée par Touleec *et al.* (1968). Les acides gras ont été séparés des autres constituants lipidiques par saponification à froid par la potasse alcoolique.

c) *Les tests de Schilling* ont été réalisés de la façon suivante : administration à la sonde œsophagienne de 0,5  $\mu\text{Ci}$  de  $^{58}\text{Co}$ -vitamine B<sub>12</sub> (1  $\mu\text{Ci}$ /1  $\mu\text{g}$  de vitamine B<sub>12</sub>) dans 5 ml d'eau contenant 0,2 ml de Gastrhema-vitamine B<sub>12</sub> (N. D.), soit 1  $\mu\text{g}$  de vitamine B<sub>12</sub> et 20 mg d'extrait de muqueuse pylorique ; deux heures après, 1 000  $\mu\text{g}$  de vitamine B<sub>12</sub> froide étaient injectés en intra-musculaire ; les prélèvements d'urines étaient faits sur 4 jours.

## Résultats.

### 1. Aspects anatomo-cliniques

a) *Aspects cliniques. Durée de survie*. — La symptomatologie des premiers jours qui suivent l'irradiation est relativement fruste chez les porcs protégés au niveau de la partie antérieure du corps et perfusés, par comparaison avec les irradiés *in toto* aux mêmes doses ; néanmoins, un des sujets est mort au 7<sup>e</sup> jour en présentant les symptômes et des lésions caractéristiques du syndrome gastro-intestinal d'irradiation (SGI) chez le porc (Daburon *et al.*, 1972 ; Daburon et Duée, 1976). La durée de survie des animaux en expérience est donnée au tableau 1.

TABLEAU 1

*Durée de survie des animaux en expérience*

Porc n°	2070	2071	2072	2073	2074	2075	2077	2078	2091	2095
Survie	7 jours	6 mois	6 mois	6 mois	2 mois	6 mois	4 mois	4 mois	3 1/2 mois	6 mois
Causes de la mort	S. G. I.	sacrif.	sacrif.	sacrif.	anorexie cachexie	pneumonie	sacrif.	sacrif.	anorexie cachexie	sacrif.

La réalimentation après les 9 jours de perfusion veineuse est très progressive avec des phases d'anorexie : 6 porcs seulement sur 9 avaient repris leur régime normal après un mois ; les 3 autres ont demandé six semaines à deux mois.

b) *Evolution pondérale.* — Après irradiation, les animaux ont perdu assez régulièrement 5 p. 100 de leur poids de départ pendant les 9 jours d'alimentation parentérale. Le tableau 2 précise la durée de la récupération pondérale : la majorité des porcs ont retrouvé leur poids d'origine entre 30 et 70 jours ; deux d'entre eux n'ont pas perdu de poids, un autre s'est stabilisé à 85 p. 100 de son poids témoin à partir du 75<sup>e</sup> jour.

TABLEAU 2  
*Délai de retour au poids initial*

Porc n°	2071 (1)	2072* (2)	2073 (1)	2074 (2)	2075 (2)	2077 (1)	2078 (1)	2091 (1)	2095 (1)
Délai (jours)	70	75	0	0	100	30	17	52	26

\* Stabilité à 85 p. 100 du poids initial.

(1) Bilan du premier mois sur 5 jours.

(2) Bilan du premier mois sur 9 jours.

Les deux premiers sujets morts à 2 et 3 mois et demi ont perdu 20 p. 100 de leur poids pendant les 10-15 derniers jours de leur survie ; ils n'ont plus consommé d'aliment pendant cette période.

### c) *Hématologie* (fig. 1a et 1b).

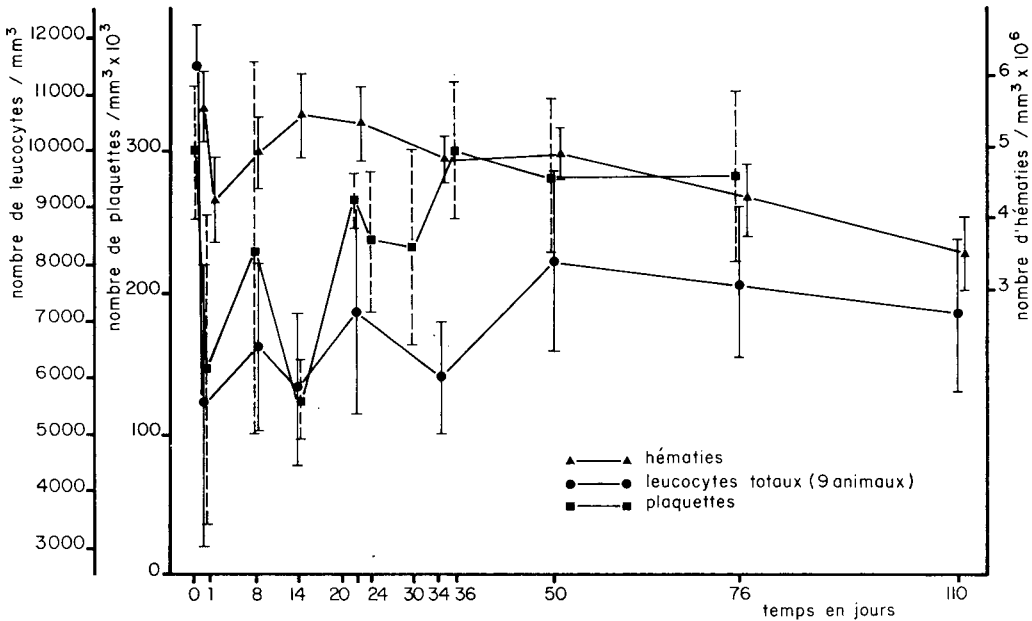
*Hématies.* La chute du premier jour est liée à deux phénomènes : mise en place de la perfusion veineuse s'ajoutant à la précoce augmentation du volume plasmatique après irradiation (Bouckaert et Cantraine, 1969 ; Daburon et Duée, 1976). On observe un retour à la valeur initiale vers le 14-22<sup>e</sup> jour mais à partir de cette date se produit une chute régulière du taux d'érythrocytes circulants (~ 1,8 p. 100 par jour).

*Leucocytes.* Après l'effondrement du premier jour dû à la disparition très rapide des lymphocytes, on note une remontée jusqu'au 50<sup>e</sup> jour à environ 70 p. 100 de la valeur initiale, puis une tendance à la baisse, parallèle à celle des hématies. La figure 1b permet de voir que les lymphocytes sont responsables de l'allure de la courbe des leucocytes totaux, les granulocytes restant relativement constants.

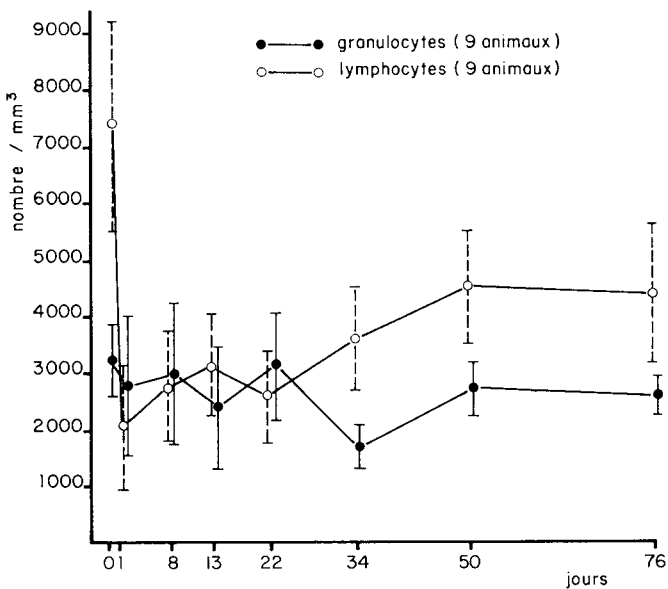
*Plaquettes.* Les plaquettes évoluent de façon assez comparable aux leucocytes totaux : chute de 300 000 à 130 000 cm<sup>3</sup> environ entre le 1<sup>er</sup> et le 14<sup>e</sup> jour. La remontée est cependant plus rapide, le retour à la valeur initiale étant assuré au 37<sup>e</sup> jour.

### d) *Anatomie pathologique. Histologie* (Chomette *et al.*, 1977).

*Intestin.* En microscopie optique, on ne décèle pas d'atrophie villositaire nette après 4-6 mois. Par contre, en microscopie électronique on note des disjonctions cellulaires et un œdème de la *lamina propria*. Le passage des lipides (Debray *et al.*, 1969) est normal dans l'entérocyte mais très ralenti vers les lymphatiques. En fait, il persiste



(1a)



(1b)

Fig. 1. — Evolution du nombre d'hémocytes, de leucocytes et de plaquettes (1a), des granulocytes et des lymphocytes (1b) après irradiation. Moyennes sur 9 animaux.

un certain état inflammatoire associé à une exsudation plasmatique plus ou moins importante.

*Rein.* Une atrophie rénale bilatérale, plus marquée cependant du côté droit, s'installe progressivement après irradiation : la figure 2 montre l'évolution du poids des deux reins (en pourcentage du poids corporel) après irradiation. Histologiquement on note des lésions de glomérulosclérose primitive post-irradiation.

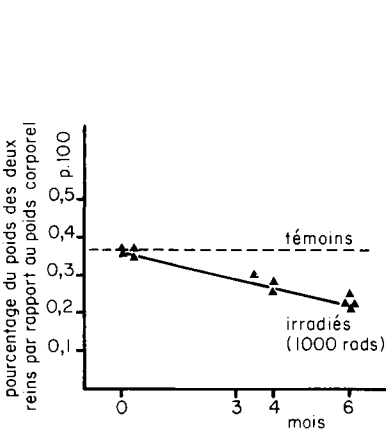


FIG. 2.

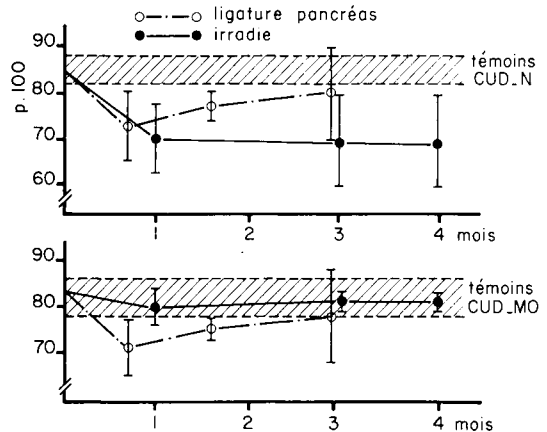


FIG. 3.

FIG. 2. — Evolution du poids des deux reins (prélevés à l'autopsie) en pourcentage du poids corporel des animaux

FIG. 3. — Evolution des CUDa d'azote et des CUD de matières organiques après irradiation ou ligature du pancréas (d'après Corring et Bourdon, 1977).

*Pancréas.* Une atrophie pancréatique est fréquemment observée chez les sujets morts après une longue phase d'anorexie : à l'histologie, on voit une pancréatite chronique avec sclérose péri- et intralobulaire.

## 2. Bilans nutritionnels

D'une manière générale les valeurs des coefficients de variation pour chaque donnée du tableau 3 sont assez faibles dans le lot témoin (quelques p. 100) mais augmentent considérablement chez les irradiés, notamment pour les observations du premier mois (jusqu'à 10 p. 100). Ceci rend la plupart du temps peu ou pas significatives (au seuil de 5 p. 100) les différences entre les divers groupes, bien que des écarts parfois importants apparaissent entre les moyennes et permettent alors de dégager certaines tendances.

a) *Minéraux.* — L'excrétion urinaire et fécale de sodium augmente et corrélativement le coefficient de rétention  $\left(\frac{\text{Na retenu}}{\text{Na ingéré}}\right)$  diminue (significativement les 3<sup>e</sup> et 5<sup>e</sup> mois).

TABLEAU 3

Valeurs moyennes des bilans de minéraux, de lipides et d'azote avant et après irradiation (en g par jour)

Moyennes g/j	Témoins 6 animaux	Après irradiation		
		1 mois Bilan 5 j 6 animaux	3 mois 7 animaux	5 mois 5 animaux
Na ingéré .....	3,51	3,40	3,46	3,56
fécal .....	0,61	0,63	0,79	0,81
urinaire.....	2,06	2,01	2,23	2,67 *
Retenu p. 100 ingéré .....	23,80	22	17	2,9 *
Retenu .....	0,83	0,76	0,46	0,08 *
K ingéré .....	7,28	7,05	7,18	7,43
fécal .....	1,35	1,41	2,12	1,74
urinaire.....	3,37	3,58	2,94	3,53
Retenu p. 100 ingéré .....	35,20	29	29,20	28
Retenu .....	2,56	2,05	2,08	2,1
Ca ingéré .....	8,42	8,16	8,31	8,60
fécal.....	5,57	5,90	5,78	6,26
urinaire .....	0,09	0,07	0,046	0,05
Retenu p. 100 ingéré .....	32,80	26,30	29,90	26,70
Retenu .....	2,76	2,19	2,48	2,30
P ingéré .....	5,62	5,44	5,52	5,73
fécal .....	4,25	4,04	4,18	4,38
urinaire .....	0,38	0,42	0,37	0,49
Retenu p. 100 ingéré .....	17,60	17,20	17,60	15
Retenu .....	0,99	0,97	0,97	0,86
Lipides totaux dans les fèces p. 100 .	5,98	6,04	5,35	5,87
p. 100 acides gras .....	30,1	38,9	33,5	27,8
CUDA lipides .....	62,2	54,7	61,6	60,6
CUDA matières sèches.....	80,6	77,6 *	78,4 *	78,3
CUDA matière organique .....	83,3	80,0 *	81,1	81,1
Azote ingéré .....	23,41	22,8	23,3	24,4
fécal.....	5,15	6,48	6,99 *	7,04 *
urinaire .....	9,9	8,02	8,2	8,64
CUDA azote .....	78	69,9	69,8 *	71,1 *
Azote retenu .....	8,34	8,33	8,15	8,69
Coefficient de rétention de l'azote en p. 100 absorbé .....	45,6	51,5	51,2	50
Azote soluble (en p. 100 de l'azote fécal) .....	24,3	20,3	19,5 *	18 *
Concentration en potassium de l'eau fécale (g/l).....	3,90	3,93	4,54	4,47
Quantité moyenne d'urine émise journallement				
Volume (l) .....	2,3	2,15	1,86	2,17
$\sigma_m$ .....	0,47	0,48	0,32	0,30

\* Différences avec les témoins significatives à 5 p. 100.

La composition de l'aliment en minéraux est respectivement en p. 100 de la matière sèche : 0,96 pour Ca, 0,83 pour K, 0,64 pour P et 0,40 pour Na.

Les résultats concernant le potassium ne sont pas significatifs bien que le coefficient de rétention baisse de 6 points à partir du premier mois et que la concentration en potassium de l'eau fécale augmente de plus de 15 p. 100 les 3<sup>e</sup> et 5<sup>e</sup> mois.

De même la tendance à l'augmentation de l'excrétion fécale de calcium, ainsi que la diminution de son coefficient de rétention ne sont pas significatives.

Enfin, les bilans obtenus avec le phosphore restent remarquablement constants.

b) *Matière sèche et organique.* — Les coefficients d'utilisation apparents (CUDA) de la matière sèche et de la matière organique baissent significativement de 3 points le premier mois ; la récupération aux 3<sup>e</sup> et 5<sup>e</sup> mois n'est que partielle.

c) *Lipides.* — Les CUDA des lipides ne montrent pas de différences significatives avant et après irradiation, bien que le CUDA du premier mois tombe de 62,2 p. 100 à 54,4 p. 100. Le taux de lipides des fèces varie peu et reste compris entre 5,35 et 6 p. 100 (le régime ne comporte que 3,2 p. 100 de matières grasses).

Enfin le pourcentage d'acides gras dans les lipides fécaux passe de 30,1 p. 100 à 38,3 p. 100 le premier mois\* et diminue progressivement les 3<sup>e</sup> et 5<sup>e</sup> mois.

d) *Azote.* — L'azote fécal augmente significativement de 25 p. 100 au premier mois, le CUDA de l'azote baissant corrélativement de 8 points ; les 3<sup>e</sup> et 5<sup>e</sup> mois, l'excrétion azotée reste élevée dans les fèces et le CUDA reste bas ; par contre, l'élimination urinaire diminue, la valeur de l'azote retenu restant sensiblement constante.

Le pourcentage d'azote soluble dans les fèces diminue significativement, après irradiation, de plus de 20 p. 100 pour les trois mesures à 1, 3 et 5 mois.

e) *Vitamine B<sub>12</sub>.* — Le taux d'absorption de la vitamine B<sub>12</sub> s'effondre et ne remonte que très lentement (tabl. 4).

TABLEAU 4

*Pourcentage de la quantité de <sup>58</sup>Co-vitamine B<sub>12</sub> ingérée éliminée par les urines en 4 jours*

	Témoins	J + 24	J + 85	J + 125
m .....	21,5	2,5	5,6	6,7
$\sigma_m$ .....	4,2	0	5	2,1
Nombre d'animaux	10	2	2	2

## Discussion.

Il faut d'abord préciser que la dose de 1 100 rd — au plan médian et au débit de 45 rd/mn — est bien la limite inférieure d'apparition du syndrome gastro-intestinal d'irradiation chez le porc. Un animal sur les dix en expérience est mort au 7<sup>e</sup> jour en présentant les symptômes et les lésions classiques de ce processus pathologique

\* Nous n'avons pu mettre en évidence de différences dans la composition en divers acides gras (de C<sub>12</sub> à C<sub>18</sub>) entre les témoins et les trois prélèvements d'animaux irradiés (Demarne, 1976, résultats non publiés).



(Daburon *et al.*, 1972 ; Daburon, 1973) ; deux autres dont les survies n'ont été que de 2 et 3 mois et demi ont manifesté une anorexie, d'abord irrégulière puis définitive qui a entraîné la mort en 10 à 15 jours dans un état de cachexie intense. Sans pouvoir être rattaché au syndrome gastro-intestinal d'irradiation au sens strict du terme, ce type d'évolution est classique dans la pathologie des porcs irradiés à forte dose (1 175-1 350 rd) sur la moitié postérieure du corps (avec cependant une survie plus courte, 1 à 2 mois) (Daburon, 1977).

En ce qui concerne l'hématologie, nous avons vu que si la restauration *ad integrum* n'est pas la règle, les taux d'hématies, de leucocytes et de plaquettes ne tombent pas à des niveaux dangereusement bas et se rétablissent rapidement à des taux fonctionnels suffisants pour assurer une longue survie.

Du point de vue de l'anatomie pathologique, nous pouvons considérer que la muqueuse intestinale a bien récupéré son aspect morphologique (hauteurs des villosités, activités des cryptes) aux 4<sup>e</sup> et 6<sup>e</sup> mois. L'atrophie rénale ne semble pas retentir de manière importante pendant la durée de nos observations sur les individus, tout au moins du point de vue des quantités d'urines émises et des signes cliniques caractérisant une insuffisance rénale (tabl. 3). Par contre, l'atrophie pancréatique, irrégulière et difficile à quantifier sur un organe aussi diffus, va conditionner les capacités digestives des animaux, leur appétit et, de ce fait, leur survie.

Ainsi donc, nous verrons dans l'étude des bilans, la résultante de trois phénomènes : maldigestion par insuffisance pancréatique, malabsorption par déficit fonctionnel de la muqueuse intestinale et augmentation de la fuite protéique dans la lumière du tube digestif.

La diminution de la sécrétion exocrine du pancréas est suggérée par la diminution de l'azote soluble et l'augmentation relative du potassium dans l'eau fécale (Sautier, 1973).

Le problème des lipides fécaux est plus équivoque :

— Il n'y a pas d'augmentation du pourcentage des lipides dans les fèces : ceci est sans doute dû au faible taux de graisses alimentaires (3,2 p. 100 de la matière sèche) ; en effet, nous avons pu noter une augmentation significative des lipides fécaux à 1 mois et demi et 2 mois (sur 3 animaux) de 13 p. 100 à 15,7 p. 100 avec un retour à la normale à 3 mois et demi, avec un régime alimentaire enrichi en lipides (17 p. 100 de la matière sèche).

— Le CUDa des lipides diminue fortement au premier mois et l'excrétion fécale augmente de 20 p. 100 environ pour les trois bilans post-irradiation.

— Nous avons vu en microscopie électronique que si le passage dans les chylifères était très retardé, l'absorption des lipides s'effectuait de façon satisfaisante à travers les entérocytes.

— Enfin, l'augmentation du pourcentage d'acide gras dans les lipides fécaux au premier mois peut faire penser à une augmentation de la sécrétion endogène, mais nous avons vu que la composition en acides gras n'était pas différente de celle des témoins (Demarne, 1976, résultats non publiés).

Pour conclure ces observations sur les bilans lipidiques, on voit qu'il est difficile de faire la part du pancréas et de l'intestin dans la relative malabsorption que l'on constate après irradiation.

Les lésions intestinales proprement dites peuvent paraître explicitées par l'augmentation significative de l'excrétion fécale de sodium et par la diminution, moins nette il est vrai, de l'absorption du calcium — phénomène que nous avons déjà mis en évidence après irradiation abdominale (Remy *et al.*, 1974 ; Daburon *et al.*, 1975) — et enfin, par la chute brutale de l'absorption de vitamine B<sub>12</sub> additionnée de facteur intrinsèque, à moins que cette malabsorption ne soit due à la déficience pancréatique (Toskes *et al.*, 1971 ; Von Der Lippe *et al.*, 1976).

De plus, en ce qui concerne l'azote, on constate après irradiation que chez les témoins, pour une quantité ingérée égale, la quantité retenue est identique tandis que l'azote fécal augmente. On peut donc penser que l'azote alimentaire reste bien absorbé et que l'augmentation de l'excrétion azotée dans les fèces correspond à un accroissement des pertes endogènes ; ce phénomène peut être lié à l'installation d'une entérite exsudative chronique que nous suggèrent les examens histopathologiques en microscopie électronique (Chomette *et al.*, 1977).

Rappelons que Archambeau *et al.* (1966) ont constaté chez le chien, 2 à 5 mois après irradiation du pancréas extériorisé à 500-2 500 rd, une atrophie avec fibrose et nécrose du parenchyme pancréatique, tandis que dans certains cas et pour les fortes doses, on ne retrouvait pas l'organe à l'autopsie. Pieroni *et al.* (1976) ont retrouvé ces mêmes lésions d'atrophie et de fibrose caractéristiques d'une pancréatite chronique 14 semaines après des irradiations chroniques de 2 400 rd (en 2 semaines) et de 4 000 rd (en 6 semaines), chez le chien.

Il est donc particulièrement intéressant de comparer nos résultats sur la digestibilité de l'azote et des matières minérales totales avec ceux que Corring et Bourdon (1977) ont obtenus chez 4 porcs après ligature du canal de Wirsung ; les taux d'azote et de minéraux des deux régimes étaient très comparables, mais les animaux étaient de jeunes porcs Large White en croissance (fig. 3). On ne retrouve pas chez les porcs irradiés de tendance à la récupération, ni pour les CUDa d'azote, ni pour les CUD de matières organiques.

## Conclusion.

A côté des conséquences bien connues des irradiations abdominales sur l'épithélium de la muqueuse intestinale et les fonctions d'absorption, nous voyons apparaître (après 1 100 rd et chez les porcs présentant une assez longue survie) des effets sur le pancréas exocrine ; ces lésions pancréatiques ont été des découvertes d'autopsie et nous sont apparues plus ou moins intenses à cette dose. Les conséquences nutritionnelles de ces atteintes pancréatiques n'ont pu être déterminées qu'*a posteriori* à partir de bilans destinés au départ à apprécier l'importance des phénomènes de malabsorption intestinale et leur éventuel amendement dans le temps.

Nous avons pu établir plus récemment qu'un des principaux facteurs limitants de la survie, après des doses de 1 200-1 300 rd sur l'abdomen, paraissait bien être une intense atrophie pancréatique (Daburon, 1977) ; l'atrophie de la muqueuse intestinale, qui conduit à un syndrome de malabsorption chronique, semble insuffisante malgré tout pour expliquer la mort des animaux en 2 à 4 mois par anorexie et dénu-

trition. Il est possible que la compensation digestive intestinale, décrite par Corring et Bourdon (1977), après ligature du canal de Wirsung, soit très faible sinon nulle chez les sujets dont l'intestin est irradié à forte dose.

Reçu en octobre 1977.

Accepté en janvier 1978.

**Remerciements.** — Nous remercions Y. Demarne (Station de Nutrition, I. N. R. A.) qui a réalisé les études de chromatographie en phase gazeuse sur les lipides de fèces et L. Gueguen (Station de Nutrition) qui nous a accueillis dans son Laboratoire pour les dosages des minéraux. F. Dachet et J. F. Dossin ont assuré l'entretien des animaux et ont effectué les nombreux prélèvements nécessaires aux bilans.

### Références

- ARCHAMBEAU J., GRIEM M., HARPER P., 1966. The effects of 250 kV X-rays on the dog's pancreas : morphological and functional changes. *Rad. Res.*, **28**, 243-256.
- BOND V. P., 1963. Effects of radiation in intestinal absorption. *Am. J. clin. Nutr.*, **12**, 194-204.
- BOUCKAERT A., CANTRAINE F., 1969. Electrolyte distribution spaces in abdomen irradiated rats. *Atomkernenergie*, **14**, 223-225.
- CHOMETTE G., DABURON F., AURIOL M., GARNIER H., 1977. Irradiation à forte dose de l'intestin grêle chez le porc. *Virchows Arch. B. Cell Path.*, **23**, 237-256.
- CONARD R. A., 1956. Some effects of ionizing radiation on the physiology of the gastrointestinal tract. *Rad. Res.*, **5**, 167-188.
- CORRING T., BOURDON D., 1977. Exclusion of pancreatic exocrine secretion from intestine in the pig : existence of a digestive compensation. *J. Nutr.*, **107**, 1216-1221.
- DABURON F., 1973. *Le syndrome gastrointestinal d'irradiation. Revue bibliographique. Etude particulière chez le porc.* Rapport C. E. A. R-4506.
- DABURON F., 1977. Essais de traitement des irradiations abdominales aiguës chez le porc. *IV<sup>e</sup> Congr. inter. I. R. P. A. Paris*, 24-30 avril, Fontenay-aux-Roses. I. R. P. A., Vol. **4**, 1173-1176.
- DABURON F., CHOMETTE G., REMY J., VILLIERS F. A., GREGOND J. C., TRICAUD Y., SEVIGNAC M., HAAG J., 1975. La restauration de l'intestin chez le porc irradié à forte dose. Données enzymologiques, histologiques et fonctionnelles. *Biol. Gastroenterol. (Paris)*, **8**, 321-338. Suppl. n° 4 aux *Arch. fr. Mal. App. dig.*, **64**, 7.
- DABURON F., DUÉE P. H., 1976. Nutritional and clinical aspects of parenteral nutrition in pigs irradiated on the abdomen with supralethal doses. *Biomedicine*, **10**, 385-389.
- DABURON F., REMY J., NIZZA P., 1972. Etude du syndrome gastrointestinal d'irradiation chez le porc. *Strahlentherapie*, **144**, 343-361.
- DEBRAY Ch., CERF M., CHERBUY J. M., 1969. Morphologie de l'absorption des graisses dans le jejunum. *Arch. fr. Mal. App. dig.*, **58**, 5-24.
- FOLCH J., LEES M., SLOANE STANLEY G. H., 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animals tissues. *J. biol. Chem.*, **226**, 497-509.
- GOMORRI G., 1942. *J. Lab. clin. Med.*, **27**, 915.
- GORIZONTOV P. D., 1971. Pathogenesis of the enteric form of the acute radiation sickness. *Arkh. Pathol.*, **38**, 3-12.
- GUEGUEN L., ROMBAUTS P., 1961. Dosage du sodium, du potassium, du calcium et du magnésium par spectrophotométrie de flamme dans les aliments, le lait, et les excreta. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **1**, 80-97.
- JEHOTTE J., 1954. Etude de l'équilibre azoté chez le rat soumis à une irradiation létale. *C. R. Soc. Biol.*, **148**, 941-943.
- LIPPE G. Von Der, ANDERSEN K. J., SCHJONSBY H., 1976. Intestinal absorption of vitamin B<sub>12</sub> in patients with chronic pancreatic insufficiency and the effect of human duodenal juice on the intestine uptake of vitamin B<sub>12</sub>. *Scand. J. Gastroenterol.*, **11**, 689-695.

- MAAS J., VAIMAN M., GAILLARD H., NIZZA P., CHENUT C., 1972. Répartition de la moelle osseuse dans le squelette du porc. Application à l'irradiation partielle à dose létale. *Strahlentherapie*, **144**, 457-476.
- PIERONI P. L., RUDICK J., ADLER M., NACCHIERO M., RYBAK B. J., PERLBERG H. J., DREILING D. A., 1976. Effect of irradiation on the canine exocrine pancreas. *Ann. Surgery*, **184**, 610-614.
- QUASTLER H., 1956. The nature of intestinal radiation death. *Rad. Res.*, **4**, 303-320.
- REMY J., DABURON F., VILLIERS P. A., CHENUT M. C., NIZZA P., 1974. Modification de l'absorption intestinale après irradiation aiguë chez le porc. *Strahlentherapie*, **148**, 95-106.
- SAUTIER C., 1973. Etude quantitative des fèces, 125-149. In, OLIVIER H. R., *Traité de biologie appliquée*. Tome V. Chap. II. Maloine, Paris.
- SULLIVAN M. F., 1968. Ed. *Gastrointestinal radiation injury*. Proceed. Symp. Richland, Wash., U. S. A., 25-28 sept. 1966. Excerpta Medica Foundation, Amsterdam.
- TOSKES P. P., HANSELL J., CERDA J., DEREN J. J., 1971. Vitamin B<sub>12</sub> malabsorption in chronic pancreatic insufficiency. *New Engl. J. Med.*, **284**, 627-631.
- TOULLEC R., FLANZY J., RIGAUD J., 1968. Dosage des liquides des fèces. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **8**, 281-289.
- VAIMAN M., DUBIEZ R., COLSON X., NIZZA P., 1968. Autogreffes de moelle osseuse chez des porcs irradiés à doses létales. *Int. J. Radiat. Biol.*, **14**, 207-224.
- WHITE J., BURR B. E., COOL H. T., DAVID P. W., ALLY M. S., 1955. Level of protein intake and nitrogen excretion in rats following total body X irradiation. *J. nat. Cancer Inst.*, **15**, 1145-1154.
-