

Bilan matière d'une station de traitement biologique par boue activée avec ou sans séparation de phase en tête

Pascal LEVASSEUR

*Institut Technique du porc, Pôle Techniques d'élevage, BP 18, 35850 Romillé
Avec la collaboration technique d'O. TURPIN*

Bilan matière d'une station de traitement biologique par boue activée avec et sans séparation de phase en tête

La Station d'Expérimentation Nationale Porcine de Romillé a réalisé deux bilans matières sur son unité de traitement biologique par boue activée, l'un sans, l'autre avec séparation de phase en tête. Les résultats d'analyse des effluents ont porté sur 9 macro et 15 micro-éléments. En 88 jours, le traitement sans séparation de phase a produit 257,9 m³ de boue et 582 m³ de surnageant à partir de 834 m³ de lisier. Le bilan matière avec séparation de phase s'est déroulé sur 90 jours, les 854 m³ de lisier ont donné 3340 kg de refus de tamis, 173,7 m³ de boue et 653,5 m³ de surnageant.

Le taux de séparation de la vis compacteuse est peu élevé pour la plupart des éléments analysés ce qui semble expliquer la composition relativement similaire des boues et des surnageants entre les deux bilans matières. Globalement, les résultats d'analyse indiquent que les boues concentrent le phosphore (78-81 %) et la plupart des éléments liés à la matière sèche par une augmentation de la siccité. Les teneurs sur sec des éléments-trace ont également augmenté dans les boues relativement à celle des lisiers. Elles pourraient ponctuellement dépasser les seuils réglementaires fixés par l'arrêté du 08 janvier 1998 pour le cuivre et le zinc. Le surnageant a inversement une teneur réduite en matière sèche, en azote Kjeldahl, en phosphore et en éléments-trace ; il reste cependant aussi concentré que le lisier en potassium et sodium.

Balance matter of an activated sludge-treatment with and without head phase séparation

The National Experimental Pig Station of Romillé has achieved two balance matters on their activated sludge-treatment, with and without head phase separation. Effluent analysis concerned 9 macro and 15 micro-nutrients. Throughout 88 days, treatment without phase separation produced 257.9 m³ of sludge and 582 m³ of treated effluent from 834 m³ of slurry. Balance matter with phase separation progressed throughout 90 days; 854 m³ of slurry resulted in 3340 kg of solid residues, 173.7 m³ of sludge and 653.5 m³ of treated effluent.

Rate separation of screw compressor was not high for most analysis elements. It can explain the little difference of sludge and treated effluent composition between the two balance matters. Overall, analysis results show that phosphorus (78-81 %) and most elements with is dry matter linked are concentrated in sludge, thanks to dryness increase. Micro elements contents on dry have increased too in sludge compared to their slurry contents. They could occasionally exceed the reglementary norms, based on the decree published on the 8th January 1998 for copper and zinc. Whereas the treated effluent becomes little concentrated for dry matter, Kjeldahl nitrogen, phosphorus and trace elements, it stays as concentrated as slurry in potassium and sodium.

INTRODUCTION

La résorption des excédents d'azote dans les élevages porcins nécessite en dernier recours la mise en place d'une station de traitement. Selon deux enquêtes menées, l'une par les EDE-chambres d'agriculture de Bretagne l'autre par l'UGPVB (Communications personnelles), il y avait début 2002 en Bretagne, plus de 600 stations de traitement en service, en chantier ou dont le dossier est en cours de constitution ou d'autorisation. D'autre part, sur les 132 unités en fonctionnement au mois de mai 2002, 80 % étaient en traitement biologique par boue activée. Le développement de ce procédé génère des quantités croissantes de co-produits. Il est nécessaire de connaître précisément leur composition en macro et micro-éléments afin d'optimiser leur valorisation agronomique et éviter tout transfert de pollution.

Face aux contraintes croissantes sur le phosphore, accentuées par la révision des normes CORPEN bovin et la diminution des seuils d'obligation de traitement, de nombreuses unités de traitement biologique devront s'équiper d'un poste de séparation de phase. Placés en tête de traitement, ces dispositifs créent un co-produit supplémentaire et sont par là même susceptibles de modifier la composition des boues et leurs fractions surnageantes.

Afin de contribuer à la constitution de référence sur ce thème, deux bilans matières, avec et sans séparation de phase, ont été menés sur l'unité de traitement biologique de la Station d'Expérimentation Nationale Porcine de Romillé.

1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

1.1. Présentation de l'installation

Le lisier provient d'un élevage naisseur-engraisseur de 200 truies présentes ; la moitié des porcs charcutiers étant vendue à l'extérieur. La production journalière de lisier est d'environ 12,5 m³ dont 10 sont traités par la station.

La station de traitement est constituée des éléments suivants :

- une fosse d'homogénéisation de 150 m³ pour la réception des lisiers, munie d'un brasseur de 7,5 kw,
- un séparateur de phases de type vis compacteuse d'une puissance de 3 kw, pouvant être déconnecté du circuit d'alimentation en lisier brut,
- un réacteur biologique d'un volume utile de 440 m³, pourvu d'une turbine lente de surface de 18,5 kw,
- une fosse de décantation de 600 m³, servant également au stockage des boues,
- deux fosses de 600 m³ pour le stockage de la fraction liquide épurée (surnageant),
- trois débitmètres électromagnétiques MAGFLO 5000, en sortie de la fosse d'homogénéisation, de la vis compacteuse et du réacteur biologique,
- des vannes de prise d'échantillon en sortie de fosse d'homogénéisation, de décantation et sur la fosse de stockage des boues.

Le fonctionnement de la station de traitement est programmé sur 8 cycles journaliers de 3 heures. Au cours d'un cycle, se

succèdent une phase d'aération, un apport en lisier brut puis une phase d'anoxie. Les séquences d'oxygénation sont principalement pilotées par une sonde redox mais aussi par les concentrations en NH₄⁺, NO₂⁻ et NO₃⁻ du lisier aéré. Analysées 2 fois par semaine, ces concentrations sont introduites manuellement dans l'automate.

1.2. Conduite des essais et paramètres enregistrés

Les bilans matières, réalisés sans et avec séparation de phase en tête, se sont respectivement déroulés sur 88 et 90 jours en fin d'année 2000 et 2001. Ils étaient précédés d'au moins 6 mois de fonctionnement en routine afin de stabiliser les paramètres physico-chimiques du lisier aéré. Ces bilans matières ont débuté après vidange complète des fosses de stockage des boues et du surnageant lors des derniers épandages de fin d'été-début d'automne.

Les valeurs des débitmètres sont enregistrées par l'automate lors de chaque transfert d'effluent et sauvegardées automatiquement sur fichier informatique. Toutefois ces flux sont contrôlés par une mesure manuelle des volumes d'effluent dans les fosses. Lors du fonctionnement de la vis compacteuse, le refus de tamis est collecté dans une remorque, pesé sur pèse-essieux avant d'être vidangé. L'extraction du surnageant de la fosse de décantation s'effectue par une pompe flottante mise en fonctionnement manuellement. Ces opérations sont renouvelées toutes les 2 semaines environ.

1.3. Echantillonnages et analyses

L'échantillonnage du lisier brut, du liquide épuré et du refus de tamis s'est déroulé en cours de bilan matière par prélèvement de 4 fractions unitaires de 20 cl, les échantillons étant congelés au fur et à mesure de leur constitution. Le prélèvement de 80 cl de boue n'a eu lieu qu'en fin de bilan après homogénéisation de l'ensemble du stock ainsi constitué. La densité des effluents est mesurée sur site par la pesée d'un volume connu.

Les analyses réalisées par l'Institut Départemental d'Analyse et de Conseil de Nantes ont porté sur 9 macro-éléments (carbone, azote Kjeldahl et ammoniacal, phosphore, potassium, calcium, magnésium, sodium et soufre) et sur 15 micro-éléments (bore, fer, manganèse, cobalt, molybdène, cuivre, zinc, cadmium, chrome, nickel, plomb, mercure, arsenic, sélénium et aluminium). La plupart de ces éléments ont été analysés par ICP (Inductively coupled Plasma Spectrophotometry) ou par SAA flamme (Spectrométrie d'Absorption Atomique).

2. RÉSULTATS

2.1. Volumes et masses

Au cours de ces 2 bilans matières réalisés sans et avec séparation de phase, il a été traité 834 et 854 m³ de lisier soit respectivement 9,37 et 9,49 m³/jour. Dans le premier cas, il a été obtenu 257,9 m³ de boues et 582,0 m³ de surnageant soit respectivement 30,9 % et 69,8 % du volume traité. Dans

le second cas, il a été obtenu 3340 kg de refus de tamis, 173,7 m³ de boues et 653,5 m³ de surnageant, soit respectivement pour les fractions liquides 20,3 % et 76,5 % du volume traité.

2.2. Composition des effluents

Certains éléments-trace sont présents en quantités infimes. Ainsi certaines valeurs sont manquantes pour le mercure, le sélénium et, dans une moindre mesure, pour le plomb, le molybdène, l'arsenic et le cadmium lorsque leurs concentrations étaient inférieures aux seuils de détection des techniques d'analyse employées.

2.2.1. Le lisier

La composition moyenne du lisier en matière sèche était plus élevée lors du premier bilan matière (2,35 %) par rapport à celui du second bilan matière (1,57 % - tableau 1). Cette différence de concentration s'observe pour la plupart des macro-éléments dont les teneurs s'expriment en g par kg brut. Elles sont respectivement de 1,77 vs. 1,6 g/kg pour l'azote Kjeldahl ; 1,19 vs. 0,88 g/kg pour l'anhydride phosphorique ; 1,58 vs. 0,9 g/kg pour l'oxyde de calcium. Les teneurs sont également plus élevées pour K₂O, MgO, SO₃ mais peu différentes pour l'azote ammoniacal (environ 1,16 g/kg) et pour Na₂O (environ 0,42 g/kg). La concentration en éléments-trace s'exprime usuellement en mg/kg de matière sèche ce qui permet de s'affranchir de la variabilité des taux de dilution. Sur cette base, la hiéar-

chie entre les deux lisiers est fonction de l'élément considéré (tableau 2). Pour les 2 lisiers, les teneurs sont globalement supérieures à (respectivement par ordre de grandeur décroissant) 1000 mg/kg MS pour Fe, Zn, Al ; comprises entre 1000 et 10 mg/kg MS pour Cu, Mn, B, Cr, Ni et inférieures à 10 mg/kg MS pour Mo, Pb, Co, Cd, As, Se et Hg, ce dernier n'ayant été détecté dans aucun des lisiers.

2.2.2. Le refus de tamis

Avec séparation de phase, la vis compacteuse a produit un refus de tamis à 34 % de matière sèche dont le pH est comparable à celui du lisier (respectivement 7,6 vs. 7,5 - tableau 1). Sa teneur en macro-éléments rapportée à la matière brute est élevée relativement aux autres effluents, notamment en NTK (0,65 %), P₂O₅ (1,26 %), CaO (1,58 %) et MgO (0,35 %). Par contre, sur la base d'une teneur en matière sèche, les concentrations de la plupart des éléments analysés dans le refus de tamis (19 éléments sur 24) sont inférieures à celles du lisier brut et des boues (tableau 2). Le refus de tamis semble *a contrario* bien pourvu en carbone (439 g/kg MS) relativement au lisier, à la boue et au surnageant (respectivement 315 ; 344 et 46 g/kg MS - valeurs calculées d'après le tableau 1).

Dans nos conditions expérimentales, la vis compacteuse a extrait 1,6 % du NTK, 5,6 % du P₂O₅ ; 6,8 % du CaO et entre 4,3 et 28,8 % des éléments-trace par rapport à la quantité initialement présente dans le lisier (figure 2).

Tableau 1 - Caractéristiques physiques et composition des effluents en macro-éléments (en g/kg brut) ⁽¹⁾

Produits	Densité	pH	MS	C	NTK	NH ₄ ⁺	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Na ₂ O	SO ₃
Sans séparation de phase (bilan 1)												
Lisier brut	1,005	7,9	23,5	7,7	1,77	1,15	1,19	1,83	1,58	0,46	0,41	0,52
Boue	1,02	7,4	63,3	22	2,19	0,33	4,43	2,18	5,91	1,73	0,39	0,48
Surnageant	1	8,2	6,28	/	0,10	0,03	0,47	2,07	0,13	0,28	0,41	0,24
Avec séparation de phase (bilan 2)												
Lisier brut	1,005	7,5	15,7	4,95	1,60	1,17	0,88	1,56	0,90	0,32	0,43	0,41
Refus de tamis	/	7,6	344	151	6,48	1,27	12,6	2,28	15,8	3,50	0,42	0,51
Boue	1,015	8	57,6	19,8	2,50	0,38	4,32	2,20	5,79	1,10	0,46	1,51
Surnageant	1	8,4	5,62	0,26	0,07	0,03	0,27	1,74	0,14	0,32	0,44	0,21

(1) / : non réalisé - MS : matière sèche - NTK : azote total Kjeldahl.

Tableau 2 - Composition des effluents en micro-éléments (en mg/kg matière sèche) ⁽¹⁾

Produits	B	Fe	Mn	Co	Mo	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni	Pb	Hg	As	Se	Al
Sans séparation de phase (bilan 1)															
Lisier	41,3	3326	492	7,23	5,11	623	1672	0,43	28,1	24,7	4,26	nd	0,85	0,85	1346
Boue	53,4	3886	748	7,11	6,32	809	2144	0,79	31,7	25,9	4,90	nd	0,95	0,63	2136
Surnageant	104	410	100	3,82	4,14	153	495	nd	2,87	22,3	nd	0,27	1,27	1,27	28,7
Avec séparation de phase (bilan 2)															
Lisier	85,4	2215	527	3,82	8,28	781	1757	0,64	11,5	14,7	7,01	nd	nd	nd	1061
Refus de tamis	43,2	1679	387	1,78	2,78	197	551	0,19	13,4	10,2	1,83	nd	1,16	nd	456
Boue	51,4	3262	828	3,99	8,85	1000	2450	0,87	18,1	16,5	5,90	nd	1,04	nd	1587
Surnageant	89,0	187	69	2,85	nd	146	318	0,23	4,3	6,0	1,07	0,14	1,42	1,07	26,7

(1) nd : concentration Non Détectable par l'analyse de laboratoire.

2.2.3. Les boues

Les boues issues des 2 bilans matières ont des teneurs comparables en macro et micro-éléments avec généralement moins de 20 % de différence (rapport de l'écart de concentration sur la valeur médiane). L'écart de concentration dépasse 50 % uniquement pour le SO_3 et le Co.

La concentration des boues en macro-éléments est supérieure à 2 g/kg brut pour (respectivement par ordre de grandeur décroissant) CaO, P_2O_5 , NTK, K_2O ; comprise entre 2 et 1 g/kg brut pour MgO, et inférieure à 1 g/kg brut pour Na_2O et NH_4^+ (tableau 1). La hiérarchie de concentration entre les éléments-trace est globalement identique à celle du lisier. Cependant, leurs niveaux de concentration sur sec tendent à être supérieurs à ceux du lisier (+ 19 % en moyenne). Compte tenu du taux de matière sèche des boues (6,3 et 5,8 %) relativement à ceux du lisier (2,4 et 1,6 %), les concentrations sur brut des éléments-trace sont très élevées, + 276 % en moyenne, par rapport à celles des lisiers.

2.2.4. L'effluent traité

Les fractions liquides surnageantes ont des teneurs en matière sèche de 0,63 % et 0,56 % pour un pH de 8,2 et 8,4 respectivement sans et avec séparation de phase. L'effluent traité a un taux de matière sèche 3 fois inférieur environ par rapport à du lisier brut, 10 fois inférieur par rapport aux boues biologiques et 60 fois inférieur par rapport au refus de tamis (tableau 1). Cependant, ces proportions varient selon la sensibilité des éléments aux différentes étapes du traitement. L'effluent épuré a une teneur de 0,10 et 0,07 g NTK /kg brut dans les bilans 1 et 2 alors que le lisier en contient 1,77 et 1,6 g/kg brut respectivement soit 18 et 23 fois plus. Les boues ont une teneur respectivement de 2,19 et 2,5 g NTK /kg brut soit 22 et 36 fois plus. Pour l'azote ammoniacal, les proportions sont notablement plus élevées.

Concernant les éléments-trace, l'abattement dans l'effluent épuré par rapport au lisier est en moyenne de 87 % ; 33 % au minimum jusqu'à un maximum de « 100 % » lorsque l'élément devient indétectable dans le surnageant. A l'inverse, l'oxyde de potassium, élément soluble, devient l'élément majeur du surnageant en terme de quantité. Sa concentration dépasse celle du lisier, 2,07 contre 1,83 g/kg brut dans le premier bilan matière et 1,74 contre 1,56 g/kg brut dans le second bilan matière. Ainsi l'abattement en élément dans le surnageant est beaucoup plus élevé que la matière sèche pour l'azote et les éléments-trace. Par contre, il est nul pour le potassium et le sodium.

2.3. Défaut de bouclage

Le bilan de masse total fait apparaître un solde équilibré, 101 %, pour l'étude réalisée sans séparation de phase et un solde légèrement négatif, 97 % avec séparation de phase (figures 1 et 2). Le défaut de bouclage de l'azote Kjeldahl et ammoniacal est élevé, compte tenu des pertes gazeuses. Il indique une disparition de 57 % de NTK et 89 % de NH_4^+ dans le premier bilan matière, de 63 % de NTK et 91 % de NH_4^+ dans le second bilan matière. Pour la matière sèche, le solde est légèrement positif : 103 et 111 % dans les bilans 1 et 2.

Pour les 6 autres macro-éléments et les 15 éléments-trace (soit 42 bilans), les bilans de masse s'échelonnent de 60 à 160 %. 3 bilans sont compris entre 60 et 80 %, 18 entre 80 et 120 % et 14 entre 120 et 160 % (figures 1 et 2). 7 bilans ne sont pas vérifiables compte tenu de l'indétectabilité de certains éléments-trace.

3. DISCUSSION-CONCLUSION

Ces défauts de bilan montrent la difficulté de réaliser des flux de matière précis sur des ouvrages de grandes dimensions.

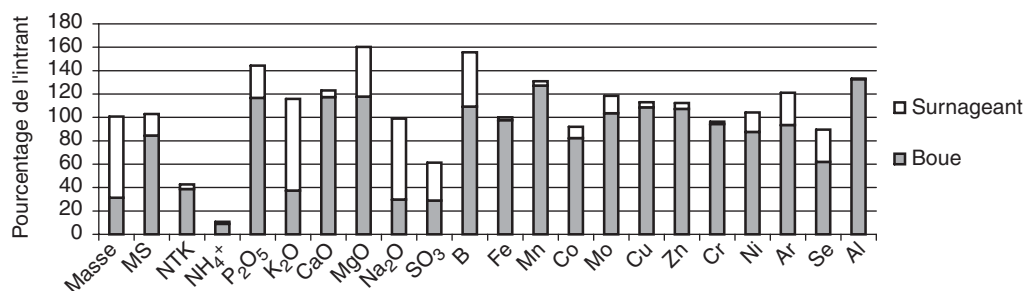


Figure 1 - Répartition des éléments dans les co-produits - Traitement sans séparation de phase

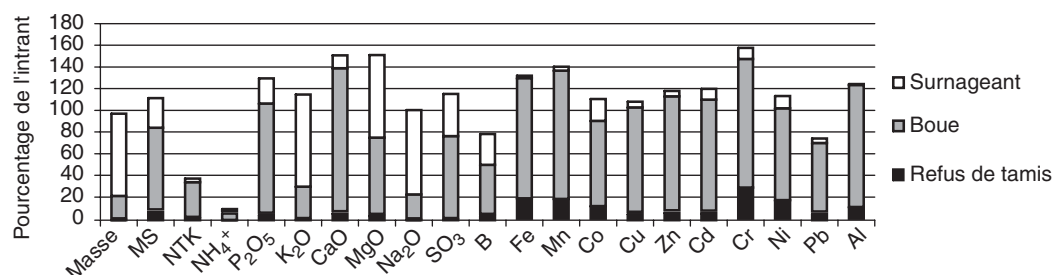


Figure 2 - Répartition des éléments dans les co-produits - Traitement avec séparation de phase en tête

A titre de comparaison, le contrôle de 5 stations de traitement biologique en 2001 par le Service d'Assistance Technique à l'Assainissement du Finistère (SATA 29 – communication personnelle) présente des défauts de bouclage, en extrême, de - 72 à + 17 % pour la matière sèche, - 65 à + 24 % pour le phosphore et - 36 à - 4 % sur l'oxyde de potassium. Ces expériences démontrent l'importance de la mise en oeuvre de techniques d'échantillonnage rigoureuses et du choix du laboratoire d'analyse.

3.1. Composition du lisier brut

En réalisant plus de 200 analyses de lisier sur 18 élevages en 2001, le SATA 29 a montré que les lisiers de porc avaient une teneur moyenne de 33,4 g MS/l – 2,4 g NH_4^+ /l – 3,6 g NTK/l – 2,1 g P_2O_5 /l et 2,3 g K_2O /l (données non publiées). Dans nos conditions expérimentales, le lisier est plus dilué, il provient essentiellement d'un troupeau de truies dont l'abreuvement est en libre service. Concernant les éléments-trace dont les teneurs s'expriment par rapport à la matière sèche, nos concentrations en Cd, B, Mn, Co, Se, Ni et Hg demeurent comparables à celles de la bibliographie (MEEUS-VERDINNE et al, 1986 ; NICHOLSON et al, 1999 ; LEVASSEUR et TEXIER, 2001 ; BLONDEL, 2002). Les teneurs en Fe, Mo, Cu, Zn, Cr, Pb, As sont plus variables selon les auteurs.

3.2. Effets des différentes étapes du traitement : filtration, traitement biologique et décantation gravitaire sur la répartition des éléments et des volumes

Le traitement biologique du lisier de porc par boue activée peut se résumer à un simple processus de nitrification / dénitrification. Cependant, pour des raisons pratiques et réglementaires, celle-ci est de plus en plus précédée d'une séparation de phase et suivie d'une décantation gravitaire. Ces différentes étapes de traitement expliquent pour partie la répartition des volumes et des éléments entre les co-produits.

Dans nos conditions expérimentales, l'emploi d'une vis compacteuse n'a retenu que 5,6 % du P_2O_5 ce qui demeure comparable à un bilan réalisé dans les mêmes conditions par le SATA 29 (4,6 % - 2001) mais très inférieur au taux de séparation de 24-30 % estimé par BELINE et al (2000) avec ce même procédé de séparation de phase. Le faible taux de séparation du P_2O_5 mais aussi de la matière sèche (8,5 %) et des éléments qui lui sont associés (figure 2), explique l'absence de différence de composition et de répartition des éléments entre les phases liquides de nos deux bilans matières. Ces performances de séparation dépendent probablement de la qualité du lisier à filtrer. En cas d'excédent élevé en P_2O_5 , il serait sans doute préférable d'utiliser une décanteuse centrifuge permettant de retenir 58 % du P_2O_5 , voire 85 % avec adjonction de flocculants (COILLARD et TEXIER, 1994).

Le refus de tamis présente la particularité d'avoir une teneur élevée en macro-éléments, notamment en P_2O_5 , CaO et NTK, compte tenu d'un taux de matière sèche supérieur à 30 %. Sa teneur sur sec en éléments-trace est cependant peu

élevée puisqu'il contient moins de 200 ppm de Cu et moins de 600 ppm de Zn, confirmant ainsi les résultats de BELINE et al (2000) et ceux de BLONDEL (2002). Les éléments-trace semblent principalement contenus dans les particules fines du lisier, non retenues par une vis compacteuse.

Le lisier filtré subit ensuite un traitement biologique par boue activée dans un réacteur. L'abattement d'une fraction de l'azote constitue l'objectif principal de ce procédé de traitement. Nos calculs montrent que la volatilisation n'atteint que 57 et 63 % de l'azote contenu initialement dans le lisier soit un taux d'abattement inférieur aux 70 % auxquels devrait prétendre ce procédé. Cependant, les bilans matières de cette étude présentent majoritairement un solde positif ce qui suggère que l'abattement d'azote réel est probablement supérieur.

La décantation gravitaire constitue la dernière étape du traitement. Le lisier aéré génère deux co-produits : les boues, riches en éléments fertilisants, notamment ceux liés à la matière sèche et le surnageant très dilué. Dans nos conditions expérimentales, la proportion de surnageant (73,1 % - moyenne des deux bilans matières) est plus élevée que les chiffres généralement annoncés par la plupart des constructeurs (60-65 %). Il s'agit probablement de la conséquence d'un lisier plus aqueux.

3.3. Conséquences sur la composition des phases liquides et leur utilisation

Les taux de matière sèche des deux fractions surnageantes (0,52 et 0,63 % dans nos conditions expérimentales) sont comparables à ceux retrouvés par BELINE et al (0,72 et 0,9 % MS, 2000) et BLONDEL (0,9 % MS, 2002). Au delà de quelques différences de composition en macro-éléments, des tendances générales se confirment : de faibles teneurs sont observées pour NTK (inférieure à 250 mg/l), NH_4^+ (inférieure à 50 mg/l), P_2O_5 (inférieure à 500 mg/l) ; par contre les teneurs en K_2O et Na_2O restent élevées, généralement équivalentes à celles du lisier brut. Compte tenu de sa faible teneur en matière sèche, le surnageant peut être épandu par un système d'irrigation. Et même si ce co-produit est faiblement pourvu en NTK et P_2O_5 , il serait souhaitable d'éviter les doses d'épandage massives en l'absence d'information sur les risques environnementaux et agronomiques dus aux concentrations résiduelles élevées en éléments solubles.

Bien que le lisier ait une siccité inférieure à la moyenne, le taux de matière sèche des boues est comparable à celui analysé par BLONDEL (7,3 % - 2002) voire supérieur à ceux du SATA 29 (3,8 % - 2001). La composition sur brut des boues en macro-éléments est inférieure ou supérieure à celle du lisier selon les éléments et les auteurs. Ces différences de teneur sont probablement en rapport avec les conditions d'élevage des animaux et notamment leur type d'alimentation. Toutefois, certaines observations semblent communément admises telles que l'enrichissement des boues en matière sèche, P_2O_5 , CaO et MgO relativement au lisier.

La décantation gravitaire à également pour effet de concentrer les boues en éléments-trace. Les équations de prédiction

de la concentration en métaux lourds (Zn, Cu, Ni, Pb, Cd, As, Cr) par rapport à la matière sèche ont des coefficients de corrélation souvent supérieurs à 70 % (NICHOLSON et al. 1999). Les teneurs sur sec augmentent également. Il semblerait que les éléments-trace soient essentiellement contenus dans les particules sédimentaires et non dans celles qui restent en suspension dans le surnageant. Ainsi les concentrations en cuivre et zinc sont plus élevées dans les boues, respectivement 904 et 2297 mg/kg MS, que dans les lisiers, 702 et 1714 mg/kg MS (moyennes des deux boues et des deux lisiers). Ces observations peuvent être formulées pour la plupart des éléments-trace. Des teneurs supérieures au seuil fixé par l'arrêté du 8 janvier 1998 ont été antérieurement relevées par BELINE et al (1081 ppm, 2000) et BLONDEL (1445 ppm, 2002) alors que les teneurs habituelles des lisiers ne semblent pas dépasser 900 ppm (LEVASSEUR, 1999 ; LEVASSEUR et

TEXIER, 2001) et seraient plutôt comprises entre 200 et 600 ppm selon leur provenance. Sur les 6 autres éléments-trace listés par l'arrêté du 8 janvier 1998 (Zn, Cd, Cr, Ni, Pb, Hg), seule la concentration limite de 3000 ppm de Zn pourrait être éventuellement dépassée. Actuellement, il existe d'autres réglementations ou cahiers des charges plus contraignants quant à l'épandage d'éléments-trace issus de produits et/ou pour des destinations spécifiques. Les seuils peuvent être de 75-100 ppm pour le Cu et 300 ppm pour le Zn (Cahier des charges du CERAFEL, 1999 ; Label Ecologique Communautaire, 1998). Comme préconisé antérieurement par LEVASSEUR et TEXIER (2001), une réduction des intrants alimentaires semble indispensable pour que les boues puissent respecter les seuils de concentration réglementaires. Si nécessaire, une dilution des boues avec des substrats celluloseux faiblement pourvus en éléments-trace pourrait être envisagée.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BELINE F., DAUMER ML., GUIZIOU F., RAPION P., 2000. Rapport d'étude CEMAGREF, 39 p.
- BLONDEL R., 2002. Rapport d'étude Chambre Régionale d'agriculture, 39 p.
- CERAFEL Bretagne, 1999. Cahier des charges pour l'utilisation des matières fertilisantes organiques. Chambres d'Agriculture de Bretagne. Version 1 du 3 juin 1999.
- COMMUNAUTÉ EUROPEENNE, 1998. Label écologique communautaire. Règlement de certification applicable aux amendements pour sols, annexe 1. Association Française de Normalisation, Ed. Paris.
- COILLARD J. , TEXIER C., 1994. Journées Rech. Porcine en France, 26, 141-150.
- J.O.F. (Journal Officiel de la République Française), 1998. Arrêté du 08 janvier 1998. 31.01.1998, 1563-1571, J.O.F., Ed Paris.
- LEVASSEUR P., 1999. Mieux connaître les lisiers de porc. Ed ITP, 32 p.
- LEVASSEUR P., TEXIER C., 2001. Journées Rech. Porcine en France, 33, 57-62.
- MEEUS-VERDINNE K., SCOKART P.O., DE BORGER R., 1986. Revue de l'Agriculture 4 (39), 801-816.
- NICHOLSON F.A., CHAMBERS B.J., WILLIAMS J.R., UNWIN R.J., 1999. Bioresource Technology, 70, 23-31.