Etude de faisabilité de filières de traitement : conception de stations pilotes (niveau avant-projet) en site urbain et en site isolé

ETUDE DE FAISABILITE POUR L'EPANDAGE AGRICOLE DES BOUES CUREES DU SYSTEME DE LAGUNAGE DE MANA

Version : Définitive	Rédigée par : Stéphane TRIAIRE
Date : 24/11/2011	Validée par : Sarah BERGE

Cabinet TERRA SOL (SAS)
Siège social : 216 chemin de Campagne 30 250 SOMMIERES
Antenne 13 : Europôle du Petit Arbois Avenue Louis Philibert 13857 AIX EN PROVENCE Cedex 3
Antenne 12 : 2, rue Pasteur, 12 000 RODEZ
http://www.terra-sol.fr ; contact@terra-sol.fr
RCS Nîmes 429.309.867.000.19

Fiche signalétique

Rapport	
Titre	**Etude de faisabilité pour l'épandage agricole des boues curées du système de lagunage de Mana**
Date d'envoi	24 Novembre 2011
Statut du rapport	Définitif
Nombre de pages	48
Nombre d'annexes dans le texte	6
Nombre d'annexes en volume séparé	0
Client	
Coordonnées complètes	
	Office de l'eau de la Guyane
	Madame Clara NICOLAS – Directrice de l'OEG
Adresse	47 rue du XIV Juillet 97300 Cayenne
Tél. / Fax	0594 30 52 92 / 0594 30 70 74
Mail	officedeleau-guyane@orange.fr
	www.eauguyane.fr
Nom et fonction des interlocuteurs	
Responsable du projet	Mme Myriane INIMOD
Tél.	0594 30 60 81
Bureau d'étude	
Unité réalisatrice	**TERRA-SOL/ETIAGE Guyane**
Nom des intervenants et fonction remplie dans le projet	
	Stéphane TRIAIRE, chef de projets TERRA-SOL
Adresse	216, Chemin de Campagne
	30250 SOMMIERES
Tél./Fax	04 66 80 95 42 / 04 66 80 17 52
	http://www.terra-sol.fr
Date de la commande	Notification du marché du 02 septembre 2008
Financement	
	ADEME (48,3 %)
	CONSEIL GENERAL (31,7 %)
	OFFICE DE L'EAU (20,0%)
Partenaires de l'étude	
Ont collaboré au comité de pilotage du suivi de l'étude	
Commune de MANA, ADEME, CCCL, CONSEIL GENERAL, DAAF, Unité Police de l'eau (DEAL),	

GLOSSAIRE

AEP : captage d'**A**dduction en **E**au **P**otable

BRGM : **B**ureau de **R**echerche en **G**éologie **M**inière

C/N : rapport **carbone** sur **azote** ; inversement proportionnel à la vitesse de minéralisation des éléments constitutifs (éléments fertilisants, matière organique) de la boue ou du compost.

C.B.P.A. : **C**ode des **B**onnes **P**ratiques **A**gricoles

C.S.D.U : **C**entre de Stockage des Déchets Ultimes

D.A.F. : **D**irection de l'**A**griculture et de la **F**orêt de la **G**uyane

D.E.A.L. : **D**irection de l'**E**quipement, de l'**A**ménagement et du **L**ogement

D.E.V. : **D**échets d'**E**spaces **V**erts

D.U.P. : **D**éclaration d'**U**tilité **P**ublique

EH : **E**quivalent **H**abitant ; 1 EH correspond à une production de boues d'environ 16 à 18 kg de MS/an

ETM : **E**léments **T**races **M**étalliques (Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn)

ETO : **E**léments **T**races **O**rganiques (3 HAP et 7 PCB)

HAP : **H**ydrocarbures **A**romatiques **P**olycycliques ; ce sont des **E**léments **T**races **O**rganiques

ICPE : **I**nstallation **C**lassée pour la **P**rotection de l'**E**nvironnement

MO : **M**atière **O**rganique

MS : **M**atière **S**èche

PCB : **P**oly**C**hloro**B**iphéniles ; ce sont des **E**léments **T**races **O**rganiques (**ETO**)

PFC : **P**late **F**orme de **C**ompostage

POS : **P**lan d'**O**ccupation des **S**ols

RSD : **R**èglement **S**anitaire **D**épartemental

STEP : **ST**ation d'**Ep**uration

T_{MS} : **T**onne de **M**atière **S**èche

T_{MB} : **T**onne de **M**atière **B**rute

U : **U**nité d'éléments fertilisants; cela correspond à des kg/ha

SOMMAIRE

INTRODUCTION **5**

I. SYNTHESE REGLEMENTAIRE **7**

II. SYNTHESE DES DONNEES CONCERNANT LES BOUES DE MANA **10**

II.1. Origine des boues 10

II.2. Volumes et fréquence de production 11

II.3. Qualité des boues et aptitude à l'épandage 11

II.4. Dimensionnement du plan d'épandage 15

II.5. Conclusion 15

III. ENQUETE AGRICOLE **16**

IV. ETUDE DES CONTRAINTES DU MILIEU ET DE L'ENVIRONNEMENT **17**

IV.1. Présentation du secteur d'étude 17

IV.2. Contexte climatologique 17

IV.3. Contexte géologique et géomorphologique 20

IV.4. Contexte hydrogéologique et hydrographique 21

IV.5. Zones naturelles et Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion de l'Eau 22

IV.6. Contexte pédologique (Etude de sols) 26

V. SYNTHESE **31**

V.1. DEFINITION dE L'aptitude des sols 31

V.2. APTITUDES DES Parcelles concernées par les épandages 31

V.3. Raisonnement agronomique 33

V.4. Calcul du potentiel d'écoulement des boues selon les types de sols et les cultures 35

VI. MISE EN PLACE DES EPANDAGES **36**

VI.1. Doses et périodes 36

VI.2. Organisation du chantier d'épandage et enfouissement des boues 36

VI.3. Suivi du chantier d'épandage 39

VI.4. Dispositions prises pour limiter les nuisances 40

VI.5. Dispositif de surveillance du plan d'épandage 41

VII. ESTIMATION FINANCIERE **42**

VIII. SOLUTION ALTERNATIVE **42**

CONCLUSION **42**

ANNEXES **42**

INTRODUCTION

L'étude préalable à la gestion des déchets de l'assainissement et de potabilisation de la Guyane a permis, à partir de l'analyse de la réglementation actuelle, du contexte socio-économique local et d'un bilan quantitatif et qualitatif des déchets, de proposer différents scénarios qui devront être acceptés par l'ensemble des acteurs locaux et qui doivent permettre une gestion raisonnée des déchets produits. Suite à la consultation de l'ensemble des élus communaux, voici les différentes orientations qui ont été validées :

Tableau 1 : Scénarios pressentis pour le traitement et l'élimination des MV et des boues d'épuration

Territoire	Secteur	Communes		STEP	Matières de Vidange	Boues d'épuration
Littoral	**A1**	CCCL	Cayenne	BA (projet)	Injection directe en STEP de Cayenne et traitement spécifique en LPR sur Cacao	Scénario 2 : Valorisation agricole de boues chaulées
			Autres	LN		Scénario 1 : Valorisation agricole avec chaulage préalable des sols
	A2	Kourou		BA	Injection directe en STEP de Kourou	Scénario 3 : Compostage et commercialisation de produit
	A3	Iracoubo		BA	Prétraitement et injection en LN de Sinnamary	Scénario 1
		Sinnamary		LN		Scénario 1
	A4	St Laurent du Maroni		LN	Injection directe en STEP de St Laurent du Maroni	Scénario 1
				BA (Projet)		Scénario 2 ou 3
		Mana		LN	Homogénéïsation et injection directe STEP de St Laurent du Maroni	Scénario 1
		Awala		LN		Scénario 1
		Apatou		LN	Prétraitement et injection en LN	Scénario 1
Isolé	**B**	Camopi		BA	Traitement spécifique en LPR	Scénario 5 : Déshydratation et élimination en CSDU
		St Georges		LN		
		Régina		LN		
		Ouanary		ANC		
		Saül		ANC		
		Maripasoula		BA et LN (Projet)		
		Papaïchton		LN (Projet)		
		Grand Santi		ANC		
		St Elie		ANC		

LN : Lagune Naturel ;; BA : Boues Activées ; ANC : Assainissement Non Collectif ; LPR : Lit Planté de Roseaux

Cependant, avant d'aboutir à l'élaboration définitive du schéma, dont la portée devra être réglementaire, l'Office de l'Eau de la Guyane et l'ensemble des membres du COPIL ont souhaité étudier plus précisément deux scénarios au niveau avant projet afin de s'assurer de leur faisabilité technique et économique.

<u>Deux scénarios ont été retenus :</u>

1- Pour les Boues d'épuration : Valorisation agricole sur sols préalablement chaulés,
2- Pour les Matières de Vidange : Traitement spécifique sur Lits Plantés de Roseaux.

➲ Valorisation agricole de boues de lagunes sur sols préalablement chaulés

Sur l'ensemble des territoires où ce scénario était pressenti, **la commune de Mana** répondait à tous les critères pour mener à bien cette étude, à savoir :

- L'urgence du curage (taux de comblement élevé > 30%),
- La présence de potentialités agricoles locales,
- De l'intérêt du maître d'ouvrage à participer à cette opération,
- De la garantie de l'innocuité des boues (analyse complète réalisée selon l'arrêté du 08/01/98).

➲ Traitement spécifique des Matières de Vidange sur Lits Plantés de Roseaux

Principalement préconisée aux communes isolées et parce qu'il n'existe pas d'ouvrage de traitement, cette solution a retenue toute l'attention de la commune de Saül.
C'est donc sur cette commune que sera étudiée la faisabilité de la mise en place de LPR pour le traitement des matières de vidange.

Conformément au CCPT, nous réaliserons dans ce document une étude afin :

- de confirmer la faisabilité de la solution retenue,
- d'en déterminer les principales caractéristiques,
- de vérifier la comptabilité de la solution retenue avec les contraintes du site et de son environnement conformément à la réglementation en vigueur,
- d'apprécier, le cas échéant, le dimensionnement des ouvrages à envisager,
- de présenter l'ensemble des opérations à mettre en place ainsi que leur échéancier,
- d'établir l'estimation des coûts d'investissement et de fonctionnement de la solution retenue.

I. SYNTHESE REGLEMENTAIRE

Trois textes résument la réglementation encadrant les épandages de boues résiduaires en agriculture :

1. Les articles R.211-25 à R.211-47 du Code de l'Environnement, et l'arrêté d'application du 8 janvier 1998,
2. La loi sur l'eau de janvier 1992 et les articles R.214-1 à R.214-56 du Code de l'Environnement,
3. La directive CEE «Nitrates» et le Code des Bonnes Pratiques Agricoles.

1. Articles R.211-25 à R.211-47 du Code de l'Environnement et l'arrêté d'application du 8 janvier 1998 (cf. annexe n°1)

A la demande pressante des Organisations Professionnelles Agricoles, le Ministère de l'Environnement est à l'origine d'un renforcement de la précédente réglementation (Règlement Sanitaire Départemental et la Norme NF U 44-041).
Ainsi la valorisation agricole des boues urbaines est soumise aux articles **R.211-25 à R.211-47** du Code de l'Environnement, relatifs aux épandages des boues issues du traitement des eaux usées et à **son arrêté d'application du 8 janvier 1998** fixant les prescriptions techniques applicables aux épandages de boues sur **les sols agricoles**.

Plusieurs notions apparaissent clairement et lèvent certaines ambiguïtés :

☞ **Les boues sont considérées comme un déchet ;**

☞ **Le producteur** (collectivité **et** fermier) **est responsable des boues produites ;**

☞ En terme **d'innocuité**, la dose maximale épandable est de **30 T_{MS}/ha/10 ans**. Les **teneurs maximales en métaux lourds** (Hg, Cd, Pb, Ni, Cr, Zn, Cu et somme Cr+Cu+Ni+Zn) des boues ont été divisées par deux, sauf pour le cadmium par 2,5 à partir de 2001 et par 4 à partir de 2004. La notion de flux cumulés sur 10 ans est également prise en compte. Il en va de même pour **les micro-polluants organiques** (HAP et PCB).

Y sont fixées des distances minimales d'isolement des épandages de boues brutes et compostées :

- Cours d'eau, plans d'eau, forages : **35 m** dans le cas général, **200 m** sinon (pente > 7% ; boues non stabilisées)
  5 m des berges pour les boues stabilisées et enfouies dans le sol immédiatement après l'épandage, pente du terrain ≤ 7% : cas du compost ;

- Habitations, zones de loisirs, lieux publics : **100 m**
  pas de distance d'isolement pour les boues hygiénisées, boues stabilisées et enfouies dans le sol immédiatement après épandage : cas du compost ;

- En terme de **traçabilité**, la station devra produire des analyses conformes à l'arrêté en vigueur, selon la fréquence réglementaire et mettre en place un dispositif d'auto-surveillance. Un registre consignant ces données devra être consultable.

La réglementation en vigueur clarifie le statut des boues (déchet), durcit les conditions d'utilisation, notamment au niveau des éléments-traces.
L'encadrement et le contrôle des pratiques sont, eux, rendus obligatoires.
Intérêt agronomique et innocuité des matières épandues doivent être démontrés.

2. Loi sur l'Eau et articles R.214-1 à R.214-56 du Code de l'Environnement

La rubrique 2.1.3.0. de l'article R.214-1 du Code de l'Environnement spécifie que pour toute unité de traitement dont la production de boues est comprise entre 3 et 800 TMS/an ou la production d'azote total est comprise entre 0,15 et 40 T/an, l'épandage des boues est soumis au régime de DECLARATION.

Avec une production estimée de 132 TMS et 3,27 T d'azote, l'épandage des boues de la STEP de Mana est soumis au régime de DECLARATION

D'un point de vue du suivi :

☞ Il devra être réalisé annuellement un **bilan agronomique** comprenant un planning prévisionnel d'épandage, un registre d'épandage, le suivi des sols et des matières épandues.

☞ Pour une production comprise entre 32 et 161 T_{MS}/an de boues épandues, les analyses suivantes devront être effectuées :

- **8 analyses des paramètres « valeur agronomique »,**
- **4 analyses des métaux lourds (ETM),**
- **2 analyses des composés organiques (ETO),**

Les dépôts temporaires (< 48 h) de boues **sur les parcelles d'épandage** ne sont autorisés que moyennant des travaux d'aménagement en prévention d'une pollution, sauf si les boues sont préalablement compostées, **ce qui n'est pas le cas des boues de Mana** concernées par l'épandage agricole. Les boues, après dépôt en bord de parcelles, seront rapidement épandues et enfouies, conformément à la réglementation en vigueur.

Le dépôt devra respecter les distances d'isolement (**habitations** : **100 m** dans le cas général ; **cours d'eau et plan d'eau** : **35 m** si les boues sont enfouies immédiatement dans le sol, **100 voire 200 m** selon la pente du terrain ; **puits, forages et sources : 35 à 100 m** suivant la pente).

La Mission Inter Services de l'Eau est chargée d'examiner la recevabilité du dossier de déclaration (étude d'impact et plan d'épandage), le transmet éventuellement au Conseil Départemental d'Hygiène (si prescriptions particulières). Après validation du dossier, un récépissé de déclaration est remis à la collectivité.

3. Directive Européenne «Nitrates» et CBPA (arrêté du 22 novembre 93)

Le texte principal définissant les bonnes pratiques destinées à protéger les eaux souterraines de la pollution diffuse par les nitrates d'origine agricole est **l'arrêté du 6 mars 2001**.
Cet arrêté reprend les dispositions du Code des Bonnes Pratiques agricoles (CPBA) définit par l'**arrêté du 22 novembre 1993** qui constituait de fait le premier programme d'actions.

Cet arrêté est pris en application des articles R.211-80 à R.211-85 du Code de l'Environnement qui définissent le deuxième programme d'actions.
Les zones vulnérables sont définies dans les articles R.211-75 à R.211-79 du Code de l'Environnement.

L'ensemble de ces textes constituent la transposition en droit français de la Directive du conseil n°91/676/CEE du 12 décembre 1991 ou « Directive Nitrate ».

Ainsi, les points essentiels abordés dans l'arrêté d'application sont les suivants :

- **des périodes** d'interdiction de l'épandage sont proposées,
- **une limitation des intrants azotés** à 170 kg/ha d'azote,
- **un fractionnement des apports** à partir de 70 U d'azote (disponibles).

La commune de Mana ne fait pas partie d'une zone sensible au sens de cette directive.

II. SYNTHESE DES DONNEES CONCERNANT LES BOUES DE MANA

II.1. ORIGINE DES BOUES

La commune de Mana possède, depuis 1994, une station d'épuration d'une capacité nominale de 1300 Equivalents Habitants. Elle est exploitée en affermage par la société SGDE.

Le système de traitement est situé à proximité de la départementale 22, à l'ouest du bourg de Mana.

Figure 1 : Localisation IGN et aérienne des lagunes de Mana

Le système de traitement est de type « lagunage naturel ». Le principe de fonctionnement d'un système de traitement de type lagunage naturel est décrit ci-dessous :

Les eaux usées sont déversées dans un bassin où la charge polluante est dégradée par des bactéries et des algues. De plus, les radiations UV ont pour effet de détruire une grande part des micro-organismes pathogènes susceptibles d'être présents dans les eaux résiduaires.

Dans la lagune, se déposent :

- des matières en suspension (minérales et organiques) provenant des eaux usées,
- des bactéries et prédateurs morts,
- des algues,
- des végétaux morts (lentilles d'eau *Lemna*, végétaux aquatiques présents dans les lagunes).

Ces dépôts se décomposent et se minéralisent progressivement : ils forment des boues dont les propriétés les rendent potentiellement valorisables sur terres agricoles.

Les boues liquides des lagunes s'accumulent préférentiellement dans le cône de déjection des effluents (entrée des lagunes) ainsi qu'au niveau des zones d'accumulation d'origine éolienne.

Charge traitée : La station d'épuration dispose d'une capacité nominale de 1300 EH (Equivalents Habitants).

Tableau 2 : caractéristique de la station

Cap. Nominale (EH)	Système de traitement	Etat physique des boues
1300 EH	Lagunage naturel	Liquide

L'exutoire de la station se situe dans un Pripri (marais).

Risques de contamination par des effluents non domestiques : aucune industrie n'est, à l'heure actuelle, raccordée au réseau. Néanmoins, on suppose que la station de Mana fait l'objet de dépotages non officiels (matières de vidange et occasionnellement des graisses). Il existe donc un risque de contamination des boues par des éléments-traces. Cependant, une analyse complète réalisée sur les boues ne démontre pas de teneurs anormales (cf. Chapitre II.3 qualité des boues).

II.2. VOLUMES ET FREQUENCE DE PRODUCTION

En novembre 2008, une bathymétrie avait été réalisée par Etiage Guyane sur la station de Mana et donnait les résultats suivants :

Tableau 3 : Résultats de la bathymétrie de la lagune de Mana

Année	Bassins	Surface (m^2)	Volume de boues mesuré en m^3	Siccité moyenne mesurée (% de MS)	Tonnage de MS
2008	n°1	3 620	1 740	4,76	83
	n°2	1 540	300		14
	n°3	1 540	273		13
		TOTAL	**2 313**		**110**

Compte tenu de l'absence d'une nouvelle bathymétrie pour l'évaluation des gisements dans les bassins, nous nous baserons sur les hypothèses d'une augmentation de 20 % du T_{MS} de 2008 sachant que la STEP de Mana fait souvent l'objet de dépotage de matières de vidange, ne faisant qu'augmenter le stock initial.

Tableau 4 : Estimation des quantités de boues de la lagune de Mana

Année	Bassin	Surface (m^2)	Volume de boues estimé en m^3	Siccité moyenne estimée (% de MS)	Tonnage de MS
Estimation 2011	n°1, 2 et 3	6 700	2 640	5	**132**

Le tonnage de boues de la STEP est estimé à **132 T_{MS}**, ce qui représente environ 2 600 m^3.

II.3. QUALITE DES BOUES ET APTITUDE A L'EPANDAGE

Une analyse de caractérisation des boues a été réalisée (valeur agronomique, ETM et CTO).

Cependant, dans de cadre de l'élaboration du dossier de déclaration (plan d'épandage), le nombre d'analyse imposée devra être réalisé (cf. chapitre I.2 Synthèse réglementaire).

Il faudra alors potentiellement réajuster les doses d'épandage en fonction des résultats des analyses complémentaires.
Attention : Si des épandages doivent être réalisés sur des prairies pâturées, la recherche de l'élément sélénium doit être réalisée.

Valeur agronomique :

L'analyse des paramètres agronomiques donne les résultats suivants :

Tableau 5 : Valeur agronomique des boues de la station de Mana (cf. annexe n°2)

Date	Siccité (% brut)	MO (% sec)	C/N	N_{NTK} (%MS)	$N\text{-}NH_4^+$ (%MS)	P_2O_5 (%MS)	K_2O (%MS)	MgO (%MS)	CaO (%MS)	Na_2O (%MS)	SO_3 (%MS)
11-11-2008	4,76	43,8	8,8	2,48	0,13	2,27	0,23	0,38	1,44	0,2	14,2

Interprétation :

Les **teneurs en matières organiques sont très faibles**, ce qui est cohérent car les boues sont stockées depuis un certain temps, en comparaison avec des boues issues d'un traitement par boues activées à aération prolongée et extraites régulièrement. Ce faible taux permet d'écarter tout risque de dégagement important d'odeurs nauséabondes dues à la dégradation de la matière organique restante. De plus, les matières organiques présentes ne fourniront que peu (10 % maximum) ou pas d'humus élaboré, puisqu'elles sont essentiellement d'origine animale.

- Les boues sont en partie **minéralisées**. Il s'agit encore d'un **engrais organique ;** cependant, la libération d'éléments fertilisants sera moins fugace que pour des boues classiques.

- La quantité **d'azote total** est faible (2,48 % de la MS), et se trouve essentiellement sous forme organique, forme nécessitant une minéralisation préalable dans les sols. On peut attendre une libération de 40 % la 1ère année.

- Le rapport **C/N est moyen**, ce qui indique une vitesse de minéralisation plutôt rapide de l'azote. Les boues de Mana sont classées dans la catégorie des engrais organiques à effet « moyen terme » par minéralisation des éléments fertilisants essentiellement la 1ère année.

- La fourniture **phosphorée est faible** pour des boues de STEP (2,27 %). Le phosphore est essentiellement lié à la matière organique. Sur sols acides, il sera disponible pour la plante mais aura tendance à être lessivé, d'où l'intérêt de réaliser les épandages en période sèche.

- Les quantités de **potasse** sont faibles et conformes à ce type de boues (0,23 % de la MS) et ne représentent pas un véritable apport. Les fournitures en **magnésie** sont conformes à la moyenne pour ce type de boues et représentent un apport relativement faible.

- L'apport en **calcium** est correct. Sur sol acide, cela présente un intérêt certain mais ne modifiera pas de manière significative le pH. Seul l'apport d'un amendement calcique peut participer au redressement de l'acidité des sols.

Les boues de la STEP de Mana telles qu'elles sont produites sont un engrais organique à effet « moyen terme » (C/N proche de 8), apportant essentiellement de l'azote, du calcium et du phosphore.

Eléments-traces métalliques et organiques

La réglementation française exige le suivi de 7 ETM et 3 HAP et 7 PCB : ces substances ont été choisies car elles sont résistantes à la biodégradation, et donc persistantes dans les sols.

Les éléments-traces organiques sont des produits chimiques (hydrocarbures et leurs dérivés, produits de dégradation, solvants,…) qui sont plus ou moins dégradés dans le temps par l'activité microbiologique du sol.

L'unité pour l'ensemble des éléments-traces est le mg/kg (ppm) de matières sèches.

Les résultats obtenus pour les boues de la station de Mana sont exposés ci-après.

Tableau 6 : Teneurs en éléments-traces métalliques des boues de la station de Mana

		TENEURS SEUILS (mg/kg de MS)		FLUX CUMULES (30 TMS) g/m^2	
		Analyse du 11/11/2008	Arrêté du 8/01/1998	Analyse du 11/11/2008	Arrêté du 8/01/1998
ETM mg/kg	Chrome Cr	62	1000	0,19	1,5
	Cuivre Cu	174	1000	0,53	1,5
	Nickel Ni	32,1	200	0,1	0,3
	Zinc Zn	1284	3000	3,86	4,5
	Cu+Ni+Cr+Zn	1552	4000	4,66	6
	Cadmium Cd	1,5	10	0,01	0,015
	Plomb Pb	80,1	800	0,24	1,5
	Mercure Hg	1,6	10	0,01	0,015

Tableau 7 : Teneurs en éléments-traces organiques des boues de la station de Mana

		TENEURS SEUILS (mg/kg de MS)			FLUX CUMULES (30 TMS) mg/m^2		
		Analyse du 11/11/2008	Arrêté du 8/01/1998		Analyse du 11/11/2008	Arrêté du 8/01/1998	
			Cas général	Epandage sur pâturage		Cas général	Epandage sur pâturage
CTO mg/kg	Somme 7 PCB	0,07	0,8	0,8	0,21	1,2	1,2
	Fluoranthène	<0,05	5	4	<0,15	7,5	6
	Benzo(b)fluoranthène	<0,05	2,5	2,5	<0,15	4	4
	Benzo(a)pyrène	<0,05	2	1.5	<0,15	3	2

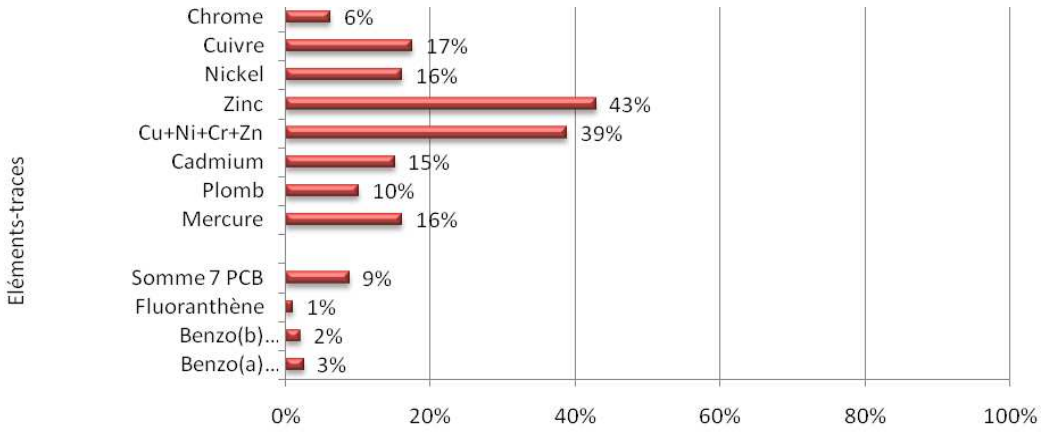


Figure 2 : Teneurs en éléments-traces (en % de la valeur seuil) des boues de la station de Mana

Les concentrations en éléments-traces métalliques et organiques sont largement inférieures aux valeurs limites fixées par l'arrêté du 8/01/1998. L'élément limitant étant le Zinc avec moins de 43 % de la valeur seuil.

Par ailleurs, la réglementation a instauré un flux maximum cumulé sur 10 ans pour ces éléments dans le sol. Ce flux a été calculé pour chaque élément sur la base de sa teneur mesurée et pour une dose de boues cumulée de 30 T_{MS}/ha sur 10 ans, c'est-à-dire la quantité maximale d'application autorisée.

Il ressort de ces calculs que ces flux cumulés sur 10 ans sont inférieurs aux valeurs limite. En tout état de cause les opérations de vidange des bassins de lagunage sont des opérations ponctuelles (au mieux 1 fois tout les 10 ans), et que la dose agronomique étant de 6 TMS/ha, la limite des 30 TMS/ha sur 10 ans de boues ne sera jamais atteinte.

Les éléments-traces métalliques et organiques des boues de la station de Mana présentent des teneurs conformes à la réglementation concernant l'épandage sur sols agricoles. Les quantités épandues devront tenir compte des besoins des cultures, et n'atteindront jamais les 30 tonnes de matières sèches/ha sur une période de 10 ans.

II.4. DIMENSIONNEMENT DU PLAN D'EPANDAGE

Les boues étant valorisable en agriculture, il est nécessaire de déterminer la surface nécessaire à leur valorisation et ainsi orienter la recherche de terrains agricoles.

$$\textbf{Surface finale souhaitable} = \frac{\text{Gisement de boues}}{\text{Dose maximale annuelle}} \times \textbf{Coefficient de sécurité}$$

Tableau 8 : Dimensionnement du plan d'épandage

Gisement de boues actuel	132 TMS
Dose maximale réglementaire (hors flux cumulés)	30 T_{MS}/ha/10 ans
Dose maximale envisageable	6 T_{MS}/ha/an
Périmètre minimal	22 ha
Périmètre final souhaitable	22 x 1,5 = 33 ha

Au final, le plan d'épandage devra disposer d'au minimum 33 ha pour valoriser les 132 T_{MS} de boues stockées dans les bassins de la STEP de MANA.

II.5. CONCLUSION

Les boues de Mana sont conformes à l'arrêté d'application du 8 janvier 1998, concernant l'épandage des boues sur sols agricoles.

Celles-ci apporteront aux cultures essentiellement de l'azote, du phosphore et du calcium mais également des teneurs non négligeables en oligo-éléments (magnésium …).

Innocuité et efficacité agronomique des boues de Mana sont démontrées.

L'étude des caractéristiques du milieu naturel exposée ci-après nous permettra de cerner les contraintes d'emploi des boues et d'adapter les pratiques d'épandage afin d'éviter toute pollution des ressources en eau et limiter les nuisances potentielles (olfactives, etc.).

III. ENQUETE AGRICOLE

Comme vu précédemment, l'enquête agricole doit permettre de trouver une trentaine d'hectares. Elle s'est limitée à la commune de Mana afin de limiter le transport des boues sur de trop longues distances et concerne les trois plus grandes exploitations agricoles contactées et/ou rencontrées.
Cette enquête a permis de réaliser un bilan exploitation par exploitation.

Tableau 9 : Récapitulatif de l'enquête agricole

Exploitant	VAN DEN BERG	COCEROG (groupe S.O.S.)	C.A.M.A.
Adresse	Terre Rouge 26 K chemin départemental 8 Sarcelle 97 360 MANA	24 K chemin départemental 8 Sarcelle 97 360 MANA	Lotissement Sarcelle 97 360 MANA
Coordonnées	05 94 34 14 58 06 94 20 66 41	05.94.34.12.21	05.94.34.33.68
Type d'exploitation	Bovin viande	Céréalière	Céréalière
Cultures pratiquées et rotations	Prairies naturelles	Riz	Riz
Pratique de fertilisation	300 kg/ha d'un triple 17 + fumier	200 kg/ha d'un triple 15 et 100 kg/ha d'urée 46 en 2 apports	Fumier/lisiers + azote minéral
Rendement	pâturage	3T/ha	3T/ha
Matériel d'épandage	Epandeur à engrais pulvérulent	Epandage aérien	Epandage aérien
Chaulage	aucun	aucun	aucun
SAU	# 300 ha	# 3 000 ha	# 800 ha
Surface potentielle d'épandage	>33 ha nécessaires	>33 ha nécessaires	>33 ha nécessaires
Période d'épandage et culture	Mars sur prairies	Septembre/octobre pendant la période sèche	Septembre/octobre avant semis
Remarques	Intérêt certain	Après un arrêt de l'activité, celle-ci a repris en 2011	Actuellement en difficultés financières

A l'issu de l'enquête, les exploitants sont favorables à l'utilisation de boues en remplacement total ou partiel des engrais minéraux classiquement utilisés (triple 15 ou triple 17) ce d'autant plus que cette pratique est associée à un chaulage préalable des sols. En effet, ils insistent sur leur préoccupation majeure : l'acidité des sols.

Les surfaces proposées par ces exploitants sont largement suffisantes pour valoriser la totalité des boues de la STEP. Ils ont donné leur accord pour intégrer le plan d'épandage. Un modèle de convention entre le producteur (mairie) et l'agriculteur est présenté en annexe 3.
Par ailleurs, il ne sera pas indispensable d'intégrer l'ensemble des parcelles des exploitations concernées compte tenu du peu de surfaces nécessaires pour valoriser les boues de Mana. Cependant, il faut vérifier la compatibilité du contexte environnemental, de la qualité des sols avec des épandages de boues et de leur accessibilité.

L'étude des caractéristiques du milieu naturel exposée ci-après nous permettra de cerner la compatibilité de la zone avec l'épandage de boues et de définir le cas échéant les contraintes d'emploi des boues et d'adapter les pratiques d'épandage afin d'éviter toute pollution des ressources en eau et limiter les nuisances potentielles (olfactives, etc.).

IV. ETUDE DES CONTRAINTES DU MILIEU ET DE L'ENVIRONNEMENT

Cette présentation a pour but de mettre l'accent sur la vulnérabilité de la zone afin de prévenir toute pollution des ressources profondes en eau par lessivage et percolation. La cartographie des parcelles se trouve en annexe 4.

IV.1. PRESENTATION DU SECTEUR D'ETUDE

Située à l'extrême nord-ouest de la Guyane, la commune de Mana s'étend sur 650 000 ha limitée au nord par l'océan atlantique, à l'ouest par les communes d'Awala Yalimapo et de St Laurent, à l'est par les communes d'Iracoubo et de St Elie, au sud par la commune de Saül. Le bourg de Mana compte 7900 habitants.

La commune se développe essentiellement sur la majorité du bassin versant de la Mana, qui prend sa source sur le territoire de la commune de Saül. Les principaux reliefs se situent vers l'est : Montagne des Trois Roros (406 m), Montagnes de la Trinité (636 m).
Comme pour les autres communes littorales, la bande côtière est plate et en partie marécageuse. L'originalité repose sur l'existence de formations particulières telles que des savanes où une mise en valeur est en cours, mais aussi une zone de forêt sur sable blanc avec des formations végétales propres à la région.

Mana est le premier producteur de riz du département. Quatre compagnies rizicoles et une coopérative semencière sont en activité. Trois sont situées sur la rive droite de la rivière Mana et une sur la rive gauche. La majorité du riz produit en Guyane est exportée vers l'Europe. La production de riz se fait sur des polders de grandes superficies (+ de 5000 ha).

IV.2. CONTEXTE CLIMATOLOGIQUE

(Source : Météo France)

Le but de l'étude climatologique est de déterminer les périodes favorables à l'épandage en déterminant les périodes possibles d'accès aux parcelles et les périodes de drainage afin de limiter le lessivage et/ou le ruissellement des éléments vers les eaux souterraines et superficielles.

Les données climatologiques présentées ci-après correspondent aux relevés effectués au niveau de la station de Mana.

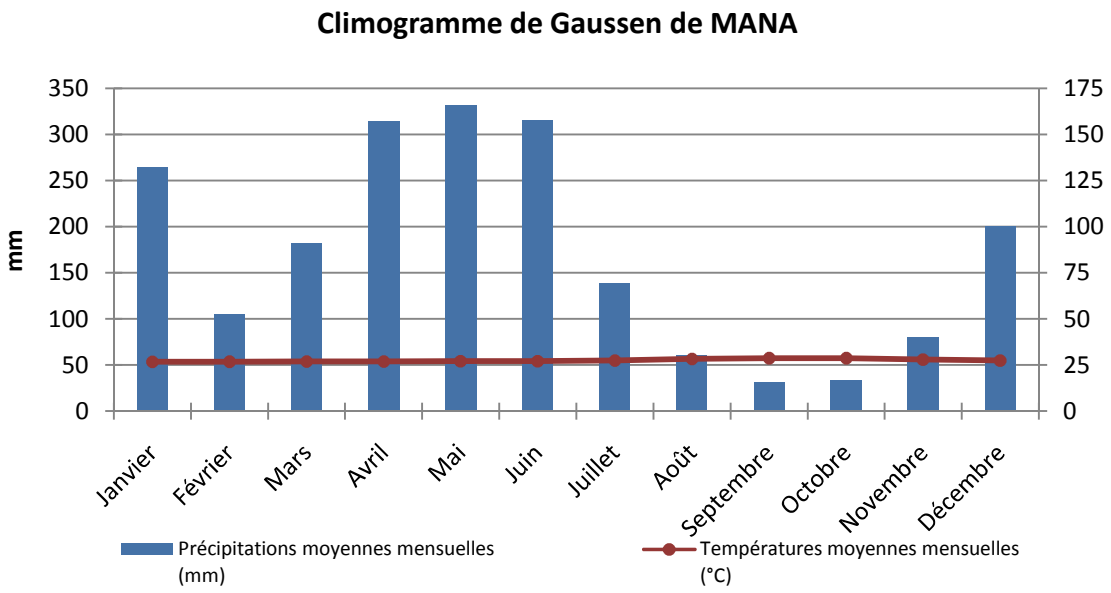


Figure 1 : Données climatiques (station de Mana)

- **<u>Les températures :</u>**

La température moyenne annuelle sur la bande côtière est de 26°C et l'amplitude des variations mensuelles est inférieure à 2°C.

- **<u>La pluviométrie :</u>**

Les précipitations sont assez hétérogènes tout au long de l'année. La pluviométrie annuelle est élevée, elle oscille autour de 2000 mm. Ces précipitations (pic au mois de mai) peuvent être assez pénalisantes pour l'accessibilité des parcelles aux engins agricoles.

Bien que l'amplitude entre les températures moyennes mensuelles soit limitée, **le climat mananais est caractérisé par une saison sèche et une grande saison des pluies, entrecoupée d'une petite saison sèche différenciée par la pluviosité** :

- La saison sèche, qui débute dès le mois de juillet (même si les pluies y effectuent toujours quelques incursions, ces dernières sont moins virulentes). **La période vraiment sèche s'établit de la mi-août à fin octobre**. **Il s'agit de la période la plus favorable pour réaliser les épandages.**

- La saison des pluies. Dès la fin du mois de mars, les précipitations sont alors fréquentes et intenses dans un ciel très sombre. Ces périodes alternent avec des accalmies de quelques jours, lorsqu'un soubresaut de la Zone Intertropicale de Convergence (ZIC) s'éloigne temporairement du département. Dans ces conditions, le temps devient

variable et les timides éclaircies alternent avec des averses brèves mais souvent intenses. **Les périodes de décembre à février et d'avril à juin sont à éviter pour les épandages.**

- Le petit été de mars : cette petite saison sèche est particulièrement marquée dans la région de Mana. En effet, la commune bénéficie alors d'un alizé de Nord-Est, issu d'un anticyclone des Açores puissant, ou repoussé au Sud par les dépressions hivernales qui circulent sur l'Atlantique Nord. Les pluies tombent irrégulièrement, et souvent avec violence. A des périodes de 3 ou 4 jours pluvieux succèdent des intervalles assez long (8 jours et plus) de beau temps. **A défaut, de parcelles disponibles pendant la saison sèche, on pourra épandre sur prairies au mois de mars sous couvert d'une météo favorable**.

Au final, les mois de septembre et d'octobre au cœur de la saison sèche constituent la meilleure période pour l'épandage :

- Peu de risque de lessivage des éléments fertilisants et des éléments-traces,
- Fin de la période de ressuyage des sols,
- Parcelles accessibles aux matériels agricoles,
- Période de minéralisation optimale des éléments organiques,
- Epandage avant semis de céréale (riz).

- **<u>Les vents</u>** :

La rose des vents permet d'apprécier la direction des vents dominants de manière à définir des zones préférentielles d'épandage pour éviter tout risque, même réduit, de nuisances olfactives.
Nous avons retenu les données de la station météorologique de Rochambeau de 1971 à 2000.

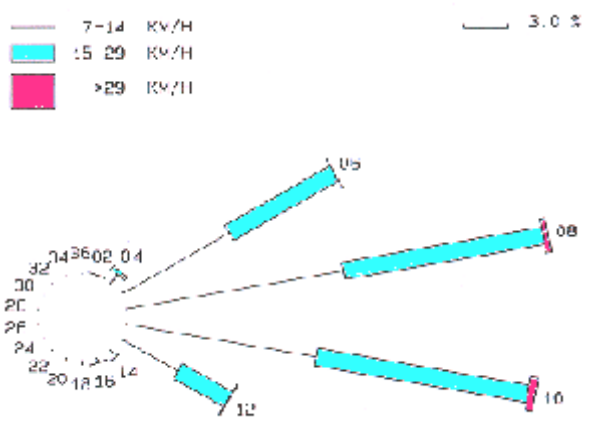


Figure 3 : Rose des vents - Cayenne - 1971 à 2000

Soumise au régime permanent des alizés, la Guyane est régulièrement ventilée par des flux de Nord-Est en saison des pluies et Sud-Est en saison sèche. Ces vents sont faibles à modérés, on enregistre parfois quelques rafales sous les grains, le vent maximal enregistré ne dépasse pas les 80 Km/h.

Il peut en découler un risque de nuisances olfactives mais peu marqué, sur de faibles distances, pour les habitations situées dans le secteur ouest des épandages. **Il est important de souligner que les boues issues d'un traitement par lagunage (cas de Mana) sont très minéralisées et donc peu odorantes.**

Par rapport au reste de la Guyane, la région de Mana connaît des caractéristiques particulières : c'est la partie de la bande côtière la plus sèche avec des précipitations inférieures à 2 m par an. Ce régime des pluies avec deux saisons sèches bien marquées est favorable à l'organisation d'un chantier d'épandage de boues. Comme pour le reste de la Guyane, les vents restent faibles et les températures voisines de la moyenne guyanaise.

IV.3. CONTEXTE GEOLOGIQUE ET GEOMORPHOLOGIQUE

(Source : carte BRGM au 1/ 500 000ème, feuille de Guyane)

La Guyane est située sur le bouclier guyanais précambrien composé de terrains volcano-sédimentaires métamorphisés et de roches cristallines. **Il est recouvert par des formations quaternaires uniquement dans la partie littorale.**

L'extrémité Nord-ouest de la Guyane est caractérisée par l'importante série sédimentaire que l'on peut observer depuis la mer jusqu'aux affleurements de socle au sud.

La frange littorale est caractérisée, en surface, par des dépôts très récents sableux et argileux. Ces roches meubles peuvent être imbriquées, superposées ou mélangées au bord des fleuves et des estuaires.
La zone d'étude se situe sur des dépôts sédimentaires : sables, limons et argiles fluviaux-marins littoraux (cf. carte géologique ci-dessous).

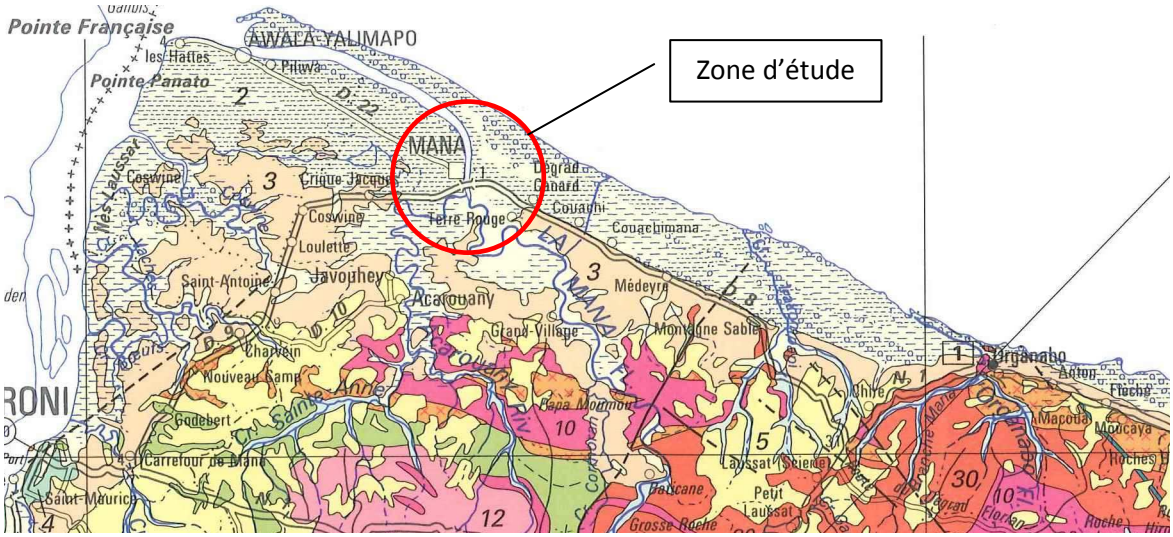


Figure 4 : Carte géologique du secteur étudié

La nature du substratum influe sur la nature du sol et sur la perméabilité du sous sol et donc sur la vulnérabilité des eaux souterraines présentée dans le chapitre suivant.

IV.4. CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE ET HYDROGRAPHIQUE

- **Les aquifères et leur vulnérabilité**

Il n'existe pas, dans la zone étudiée de grands aquifères dans les formations meubles superficielles. En effet, les formations Quaternaire du littoral ne contiennent pratiquement aucune ressource en eau souterraine, si ce n'est des petites nappes recensées dans les sables argileux de la formation de Coswine mais elles ne constituent pas d'aquifère à proprement parler.

Par ailleurs, du point de vue des perméabilités, le caractère argileux des sols les rend systématiquement imperméables et limite de fait la migration vers des nappes en profondeur.

Nous sommes donc en présence d'une zone relativement peu vulnérable essentiellement argileuse issue d'anciens marécages asséchés, avec cependant des intercalations de terrains perméables tels que les sables argileux. En tout état de cause, aucun épandage n'aura lieu dans un périmètre de protection d'un captage de déclaration d'utilité publique.

La totalité des rizières se trouvent dans une zone peu vulnérable. Les parcelles en prairie du secteur de Terre Rouge présentent une vulnérabilité un peu plus marquée du fait de leur proximité avec la nappe d'accompagnement de la Mana et qu'il s'agit d'une zone de prélèvement d'eau potable. Les doses de boues épandues seront donc adaptées à la vulnérabilité des eaux souterraines, au type de sols et aux besoins des cultures. Ainsi, la culture utilisera la totalité des éléments fertilisants (notamment azote et phosphore). De plus, en épandant en période de déficit hydrique, peu d'éléments seront susceptibles d'être lessivés vers les eaux souterraines.
Au final, les épandages n'auront que peu d'impact sur les eaux souterraines.

- **Le réseau hydrographique**

(Source : IGN)

La nature des terrains, le relief peu important n'induisant que de faibles pentes, le climat équatorial humide caractérisé par d'abondantes précipitations, sont autant de facteurs favorables au développement d'un réseau hydrographique dense.
Les cours d'eau sont globalement orientés vers le nord.

Plusieurs cours d'eau ont été recensés sur le territoire de la zone d'étude :

Tableau 10 : Liste des cours d'eau recensés sur le secteur d'étude

Cours d'eau/canaux	Type
La Mana	Fleuve
L'Acarouany	Rivière
Canaux (alimentation des Polders)	Canaux

De manière systématique, une bande de 35 m (200 m si pente > 7%) à partir des berges des étangs, des rivières et des ruisseaux permanents, sera exclue de la zone d'épandage.

- **Les captages**

La ville de Mana est alimentée par une station de pompage dans la Mana dans le secteur de Terre Rouge. Elle est protégée, réglementairement, par un périmètre de protection immédiat de 25 mètres autour des bâtiments et par un périmètre de protection rapproché d'un kilomètre de rayon centrée sur le captage.

Les recommandations prises en matière de captages d'eau potable, déclarés ou non, sont en général:

- **Captages avec D.U.P.** : aucun épandage dans le PPR (Périmètre de Protection Rapprochée) sauf justification ; épandage à dose réduite dans le PPE (Périmètre de Protection Eloignée),
- **Autres captages** : aucun épandage dans un rayon de 35 m autour du puits.

Tableau 11 : Liste des captages présents sur la zone d'études (cf. cartographie en annexe 5)

Commune	Nom du captage	DUP ou rapport hydro	protection DUP
Mana	Bourg	oui	PPI + PPR

Les parcelles en rizière ne sont pas à l'intérieur de périmètre de protection de captage (rapproché ou éloigné).

En revanche, les parcelles de M. Van Den Berg se trouvent en partie dans le périmètre de protection du captage de Mana. L'arrêté d'utilité publique du captage AEP du bourg de Mana n'interdit pas les épandages de boues au sein du PPR. Cependant, par précaution nous recommandons de ne pas intégrer les parcelles concernées.

- **Les zones inondables**

Les terrains agricoles de la commune de Mana dont leur altitude est comprise entre 0 et 5 mètres sont souvent inondables en période pluvieuse.

En tout état de cause, les épandages seront réalisés hors période pluvieuse. De plus, une bande de 35 m est systématiquement exclue de la zone d'épandage.

IV.5. ZONES NATURELLES ET SCHEMA DIRECTEUR D'AMENAGEMENT ET DE GESTION DE L'EAU

(Source : DEAL Guyane)

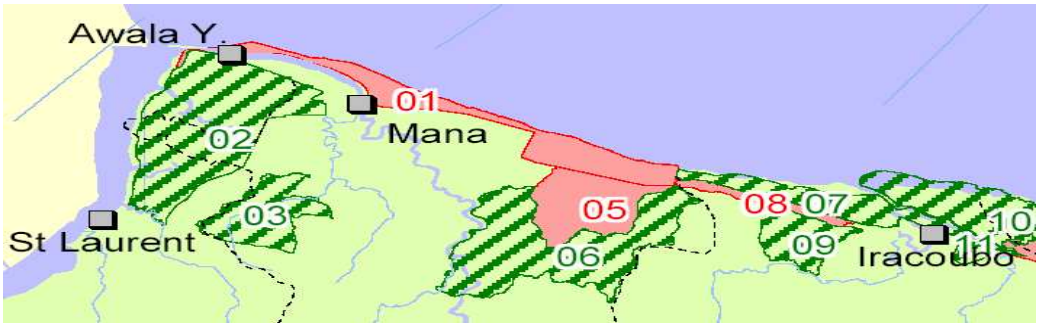
- **Parc Naturel Régional de Guyane**

Certaines menaces pèsent sur le patrimoine et les ressources naturelles ainsi que sur le cadre de vie des habitants de Mana.
Les écosystèmes de la commune méritent d'être sauvegardés par la mise en place d'une gestion rationnelle des milieux et gagneront à être valorisés par le développement des structures de recherche et de tourisme liées à leur patrimoine écologique.
Le Parc a donc été conçu pour permettre le développement d'activités basées sur la conservation et la valorisation des patrimoines, répondant aux besoins sociaux des habitants, mais de manière adaptée à leur mode de vie traditionnel.

La région est désormais inscrite sur la liste RAMSAR et une réserve naturelle a été crée.

La zone d'étude se situe sur le territoire du Parc Naturel Régional de Guyane. Ceci n'est pas une contrainte pour la valorisation des boues de STEP.

- **Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique**



ZNIEFF de type I correspondant à une zone de superficie généralement limitée, définie par la présence d'espèces notamment patrimoniales ou de milieux naturels rares, remarquables ou caractéristiques du patrimoine naturel national ou régional.

ZNIEFF de type II correspondant à de grands ensembles naturels riches et peu modifiés, ou offrant des potentialités biologiques importantes.

- *Z.N.I.E.F.F. de type I :*

Il s'agit de secteurs caractérisés par leur intérêt biologique remarquable. Ces espaces doivent faire l'objet d'une attention particulière lors de l'élaboration de tout projet d'aménagement et de gestion.

- *Z.N.I.E.F.F. de type II :*

Ce sont de grands ensembles naturels riches et peu modifiés, ou qui offrent des potentialités biologiques importantes. Ces espaces doivent faire l'objet d'une prise en compte systématique dans les programmes de développement, afin d'en respecter la dynamique d'ensemble.
Elles ne font l'objet d'aucune protection réglementaire, mais elles doivent être citées lors de toute élaboration de projet.

Tableau 12 : Liste des ZNIEFF recensées sur la commune de Mana

N°	Types	Nom	Caractéristiques
1	I et II	Pointe Isère et Savane Sarcelle	Plages de sable constituant des sites importants de reproduction pour les tortues marines. Vasières, mangroves côtières, cordons dunaires, forêts marécageuses et marais sublittoriaux représentant des zones d'importance internationale pour les oiseaux d'eaux (limicoles migrateurs, ardéidés et ibis rouges). Intérêt botanique de la savane sarcelle : Thalictroides sp, Sesbania exasperata et grande diversité des groupements végétaux.
2	I et II	Embouchure de l'Organabo	Zone estuarienne classée en ZNIEFF de type 1 et 2 (vasières et mangroves), présentant un intérêt particulier pour l'avifaune aquatique : accueil des limicoles migrateurs et site de reproduction pour les ardéidés.
3	I	Forêt de sable blanc d'Organabo	Forêts hautes et basses sur sables blancs, bas-fonds et criques forestières. Elles se situent, pour l'ensemble des Guyanes, en limite de distribution des sables blancs et se caractérisent par un cortège floristique original : Palmorchis pabstii, Lindsea lancea, Himantathus elatior.
4	II	Forêt de sable blanc du bassin de la crique Ste Anne	le bassin de cette crique, appelée encore crique Petite Acarouany, présente un ensemble remarquable de groupements forestiers sur sables blancs. Espèces végétales remarquables : Palmorchis pabstii, Swartza panacoco, Aegiphila membranacea. Zone très riche également en fougères arborescentes (7 espèces sur 12 en Guyane). Des parcelles de cette forêt sont étudiées depuis plus de 50 ans par le Bafog et l'ONF (croissance des arbres).

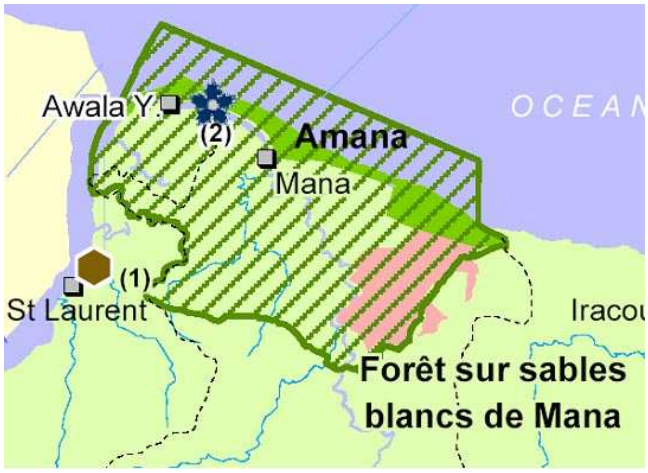
5	II	Zone du Palmier à huile Américain	Forêts sur sables blancs et sur sables jaunes, forêts primaires et forêts, ripicoles de basses altitudes. Cette zone est la seule localité de Elaeis oleifera, vicariant du palmier à huile africain.
6	II	Montagnes de la Trinité	Forêts denses de basse et moyenne altitude, avec des faciès de forêt de bas-fond et de forêt submontagnarde. Forêt sur cuirasse latéritique, savane-roche, forêt basse et broussailleuse d'inselberg, végétation des éboulis rocheux. Ces montagnes présentent un grand intérêt botanique (plusieurs espèces endémiques ou rares, dont Phragmipedium lindleyanum et geophila granvillei sur l'inselberg, Turnera rupestris, Cecropia granvilleana, Sauvagesa alicicae) et zoologique avec des grottes sommitales abritant une faune remarquable.

Les parcelles étudiées ne se situent dans aucune de ces ZNIEFF.

- **Arrêté de protection de biotope**

La réserve naturelle de l'Amana est une zone inscrite sur la liste des zones humides reconnues par la convention RAMSAR d'intérêt international pour les oiseaux migrateurs. La région est déjà couverte par un arrêté de biotope qui concerne :

- La réserve naturelle de la Trinité
- L'arrêté de protection de biotope des sables blancs.
- La protection des eaux potables instituées autour des réserves, canalisations et station de traitement.



L'impact des épandages sur la faune et sur la flore devrait être nul pour les raisons suivantes :

- **Les épandages seront réalisés sur des terrains habituellement exploités en agriculture,**
- **Il s'agit d'une opération ponctuelle qui correspond à une journée de travail par parcelle,**
- **Cette campagne d'épandage n'entraînera aucune modification du paysage, géomorphologique ou fonctionnelle.**

- **SDAGE de la Guyane**

Au niveau des ses orientations, le **Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion de l'Eau** (S.D.A.G.E.) **de la Guyane** est favorable à « *la poursuite du développement de l'assainissement domestique. Développer les techniques, mettre en œuvre des équipements et réhabiliter l'existant,* ***gérer les boues*** *sont des moyens conjugués améliorant la qualité de l'assainissement des EU».*
Le SDAGE est donc favorable à la valorisation agricole des boues, qui se développera d'autant mieux que les dispositifs d'assainissement et d'épuration seront améliorés.

Par ailleurs, de la même manière que la Directive n°2000/60, la Directive 86/278/CEE sur les boues d'épuration établit un cadre pour une politique commune dans le domaine de l'eau, ayant pour objectif la protection de l'environnement.

Le schéma en place sur le territoire étudié est le suivant :

Tableau 13 : Liste des schémas en place ou en projet sur le territoire étudié

Nom	Etat d'avancement	Structure porteuse
Guyane	Approuvé en octobre 2000	Comité de bassin

Les études préalables à l'épandage des boues de la station de Mana permettent de définir les pratiques respectueuses de l'environnement et de la ressource en eau, qui seront contrôlées lors des chantiers d'épandage (distances d'isolement, enfouissement, etc.)

IV.6. CONTEXTE PEDOLOGIQUE (ETUDE DE SOLS)

- **Généralités**

Le sol est le système épuratoire mis en jeu lors d'épandage de boues urbaines. Les phénomènes successifs faisant suite à un épandage sont les suivants :

- minéralisation progressive d'éléments organiques (N et P surtout) par la flore microbienne, sous l'action de la température et l'humidité,
- humification et minéralisation secondaire : obtention d'éléments minéraux,
- stockage provisoire d'éléments minéraux dans la solution du sol,
- assimilation par les plantes.

D'une manière générale, l'aptitude d'un sol à valoriser les boues dépend de :

- son épaisseur utile (facteur +),
- sa texture (facteur +), déterminant sa perméabilité, sa porosité et sa capacité d'échange cationique,
- sa réserve utile en eau (facteur +),
- sa pierrosité (facteur -).

- **Matériels et méthodes**

- Caractérisation et observation des sols après **sondage à la « tarière** »,
- **1 analyse «valeur agronomique» et «métaux lourds»** de sols, sur l'horizon 0-60 cm. **Cette analyse constitue le point de référence ou « points 0 »** (cf. annexe n°6).

L'analyse de sols a été confiée à un laboratoire agréé par le ministère de l'agriculture et de l'Environnement (laboratoire LCA à Bordeaux).

Ces données ont été confrontées aux données cartographiques :

- Carte des sols de la province du Maroni ; source : « IRD Guyane».
- Carte géologique BRGM au 1/500 000ème (feuille de la Guyane).

- **Description des différents types de sols rencontrés**

Comme c'est souvent le cas en Guyane, les classes de sol sont liées en premier lieu à la nature lithologique de leur substratum. Les autres facteurs : climatiques, topographiques et humains n'intervenant le plus souvent qu'au niveau des différenciations de deuxième ordre.

Les zones agricoles de Mana recouvrent par leurs situations géographiques des paysages très variés susceptibles d'être classés en deux grandes unités morphologiques et pédologiques. Le caractère essentiel de cette zone complexe est d'appartenir au système hydrographique du fleuve Mana. On rencontre donc, en partant de la côte :

1. **Les sols peu évolués** d'origine non climatique constitués d'alluvions marines argilo-limoneuse qui ne sont inondés que temporairement, ainsi que ceux sur lesquels la lame d'eau est très faible en saison sèche et qui peuvent être asséchés. Ils ont fait l'objet d'aménagement agricole par poldérisation (rizières).

2**. Les sols hydromorphes** moyennement organiques possèdent des propriétés physiques et climatiques comparables aux précédents après assèchement puis déforestage. Ils peuvent donc produire des herbages pour le pâturage des animaux élevés de manière extensive.

Figure 5 : Poldérisation de la zone littorale constituée d'alluvions marines

Figure 6 : Pâturage de sol hydromorphe après assèchement

Tableau 14 : Renseignement relatif à l'analyse de sol

Exploitant	Commune	Valeur agronomique	Eléments traces métalliques	Type	Conforme à la réglementation en vigueur
Groupe SOS	Mana	x	x	1	Oui

L'analyse de référence est synthétisée ci-après.

Sols de type ❶

Sols développés sur les alluvions marines argileuses récentes

Analyse LCA - 22 952 - Groupe SOS (Mana)		
Sol alluvionnaire, argileux Profondeur supérieure à 1 m Structure polyédrique. Culture : Riz Pierrosité nulle. Traces d'hydromorphie		
Paramètres observés	**Valeurs**	**Caractéristiques**
Texture		Texture argileuse
pH	5,0	pH acide → forte biodisponibilté des métaux lourds. Chaulage indispensable des sols ou apport de boues chaulées
Matières organiques (%)	8,17	Teneur élevée ; impasse sur d'éventuels apports d'amendements organiques
Minéralisation (C/N)	15,2	C/N légèrement élevé Sol d'activité biologique réduite ramenant à une décomposition lente de la matière organique
Capacité d'échange cationique (Cmol+/kg)	26,7	CEC élevée (quantité de MO et d'argile importante) → potentiel de fixation des cations « échangeables » sur le complexe argilo-humique élevé. Les échanges sont difficiles : le risque de lessivage pour les éléments fertilisants est limité
Phosphore (g/kg)	0,037	Teneur très faible; Les boues d'épuration peuvent contribuer à redresser les carences en phosphore d'un sol.
Potassium (g/kg)	0,471	Teneur élevée (très riche), le brulage systématique des paille de riz à certainement contribué à cet enrichissement. Impasse possible ou limitation de la dose K
Magnésium (g/kg)	2,455	Teneur très élevée, Impasse possible sur une culture peu exigeante ou limitation de la dose Mg
Rapport K/Mg	0,19	Pas de déséquilibre
Analyse des éléments traces métalliques		OK, conforme aux seuils établis par la réglementation concernant les épandages de boues sur sols agricoles

- **Eléments traces métalliques (ETM)**

Les analyses « métaux lourds » effectuées sont autant de points de référence (points «0») permettant d'évaluer l'incidence des épandages sur les sols, en ce qui concerne l'éventuelle accumulation d'éléments-traces métalliques.

En ce qui concerne les métaux lourds, l'arrêté du 8 janvier 98 fixe les valeurs limites de concentration en métaux lourds dans les sols (tableau 2, annexe I de l'arrêté), mais également le flux cumulé par élément-trace.

Voici la synthèse concernant les concentrations en éléments-traces métalliques faites dans le cadre de cette analyse :

Tableau 15 : Teneurs en éléments-traces métalliques dans le sol

Parcelles	Cuivre	Zinc	Chrome	Nickel	Plomb	Cadmium	Mercure
Seuil (mg/kg de MS)	**100**	**300**	**150**	**50**	**100**	**2**	**1**
22 952 - Mana	26,71	100,76	55,05	31,55	30,72	< 0,03	0,092

L'analyse concernant le **point de référence** sur terres agricoles a révélé des teneurs en éléments-traces métalliques inférieures aux seuils.

La parcelle « point de référence » du futur plan d'épandage des boues de Mana est apte à l'épandage car conformes aux seuils de l'arrêté du 8 janvier 1998.

<u>Attention :</u> Dans de cadre de l'élaboration du dossier de déclaration (plan d'épandage), le nombre d'analyse de sols doit être représentatif de chaque zone homogène.
Par zone homogène, on entend une partie d'unité culturale homogène d'un point de vue pédologique n'excédant pas 20 hectares. Par unité culturale on entend une parcelle ou un groupe de parcelles exploitées selon un système unique de rotations de culture par un seul exploitant.
Il faudra donc réaliser 2 analyses de sols supplémentaires dans le cadre du dossier de déclaration.

Par ailleurs, les sols présentent un pH acide compris entre 5 et 6, il est donc nécessaire de chauler les boues ou les sols.

En effet, selon l'arrêté du 08 janvier 1998, les boues ne peuvent être épandues sur des sols dont le pH est inférieur à 5. Pour un pH compris entre 5 et 6, la réglementation autorise uniquement l'épandage de boues si elles sont chaulées ou si l'on procède au redressement du pH des sols préalablement aux épandages de boues.

<u>Pourquoi chauler :</u>

D'un point de vue agronomique, le calcium apporté par le chaulage est surtout primordial dans la dynamique et la vie des sols. Il agit sur la porosité du sol et permet ainsi une meilleure circulation de l'air et de l'eau, ce qui entraîne à la fois une meilleure pénétration des racines et une intensification de l'activité des micro-organismes du sol.
Le chaulage, en augmentant le pH, permet d'améliorer la structure du sol et ses propriétés biologiques et chimiques et diminue la biodisponibilité des métaux pour les plantes. Pour toutes ces raisons, l'apport de calcium est considéré comme un amendement.

Lors d'épandage de boues non chaulées sur des sols acides, le chaulage préalable du sol permet donc de limiter les risques de transferts de métaux lourds dans la plante (pH du sol), mais aussi de favoriser la dégradation de la matière organique de la boue (activité microbienne).

<u>Comment chauler :</u>

Il existe deux produits standards possibles :

- Les produits crus (carbonates) : calcaires et magnésiens, extraits de carrières ou de fonds marins, puis broyés,
- Les produits cuits (chaux vives ou éteintes) : à base de chaux qui résultent de la cuisson des produits crus.

Les produits cuits agissent plus rapidement mais au bout de 3 à 4 ans, l'efficacité, en terme de redressement de pH, se vaut entre chaux vive et carbonates. Par ailleurs, les produits crus sont plus économiques (environ 20 % moins chers rendu racine) et agissent plus progressivement dans les sols, en bouleversant moins la vie des micro-organismes. Par contre, les carbonates (en poudre) demandent un matériel d'épandage spécifique, contrairement à la chaux vive (en granulé), qui peut être épandue avec un épandeur à engrais classique.

Pour permettre à la chaux d'avoir son effet sur les sols, le chaulage doit se faire préalablement à l'épandage suffisamment tôt, c'est-à-dire au moins 6 semaines avant pour la chaux vive et 6 mois avant pour les carbonates.
Les chaulages sont généralement préconisés en fin d'hiver et au début du printemps plutôt sous forme d'apport régulier (tous les 2 à 3 ans). Toutefois, dans le cas de contraintes particulières (portance des sols, disponibilité des terrains…), le chaulage pourra être effectué à d'autres périodes (par exemple en période sèche).

<u>A quelle dose chauler :</u>

Une analyse de sol préalable est obligatoire (il s'agit des analyses de référence). Elle permettra de voir si un chaulage est nécessaire ou pas ainsi que de définir la dose de chaux à apporter :

- Sur des parcelles avec un pH supérieur à 5,5, un « chaulage d'entretien » est nécessaire pour atteindre un pH supérieur à 6. Pour cela, il est préconisé un apport **de 1 tonne par hectare en carbonates** ou de 500 kg par hectare en chaux vive.
- Sur des parcelles avec un pH entre 5 et 5,5, **un apport de carbonates à 1,2 tonne par hectare** ou de 800 kg par hectare de chaux paraît approprié, si possible fractionnés en deux apports par an.

A la demande des agriculteurs, **il est préférable d'utiliser des amendements calciques crus de type carbonate de calcium** (calcaire broyé) car ils conviennent plus à des sols lourds et sont moins susceptibles de bloquer la vie microbienne.
Ensuite avant épandage des boues, on vérifiera l'acidité du sol par des mesures in-situ du pH des sols. Ces mesures seront réalisées à l'aide d'un pH-mètre portatif de sol. Ce protocole permettra ainsi d'adapter les quantités de CaO afin d'atteindre un pH de 6. Les résultats seront reportés dans le bilan agronomique et communiqués au service Police de l'eau de la DEAL.

L'analyse de sol est conforme à la réglementation en vigueur.
D'une façon générale tous ces sols ne présentent pas de conditions rédhibitoires à l'épandage agricole des boues. Cependant, ils montrent certaines contraintes agronomiques et pédologiques (acidité, hydromorphie, vulnérabilité des eaux souterraines…) qu'il faut prendre ne compte dans la définition de la dose (cf. paragraphe V.1 ci-après).

V. SYNTHESE

V.1. DEFINITION DE L'APTITUDE DES SOLS

Si sur le plan agronomique, ces sols ne peuvent que bénéficier des apports de boues (carences en éléments fertilisants : chaux et phosphore notamment), leurs aptitudes à l'épandage seront limitées par certaines contraintes, à savoir :

- Une forte acidité (pH essentiellement compris entre 5 et 6) accentuant la mobilité des éléments-traces,
- Une hydromorphie marquée, liée à une position topographie basse, étant une contrainte forte à l'accessibilité aux parcelles et à la mise en œuvre des épandages,
- Une sensibilité hydrogéologique par la présence d'une ressource en eau qui fait l'objet d'un captage de proximité.

Ainsi, un déclassement des aptitudes des sols a été déterminé à partir des contraintes explicitées précédemment, malgré la mise en place de mesures compensatoires telles que le redressement du pH des sols préalablement aux épandages de boues, la programmation des épandages au cœur de la saison sèche (sol ressuyés) et la sélection des parcelles hors des périmètres de protection.

Quatre classes d'aptitude à l'épandage des boues de la station de Mana sont proposées :

- **0** : sol inapte à l'épandage ; **dose = 0 T_{MS}/ha/an** (proximité d'habitations concentrées, parcelles incluses dans un PPR d'un captage, pente > 7 %...)

- **1 A** : sol apte à l'épandage, mais présentant de nombreuses contraintes (zone vulnérable, pH compris entre 5 et 5,5, hydromorphie marquée…) ; **dose = 4 T_{MS}/ha/an**

- **1 B** : sol apte à l'épandage, sous certaines contraintes (proximité d'un PPR d'un captage, pH compris entre 5,5 et 6, risque d'hydromorphie...) ; **dose = 5 T_{MS}/ha/an**

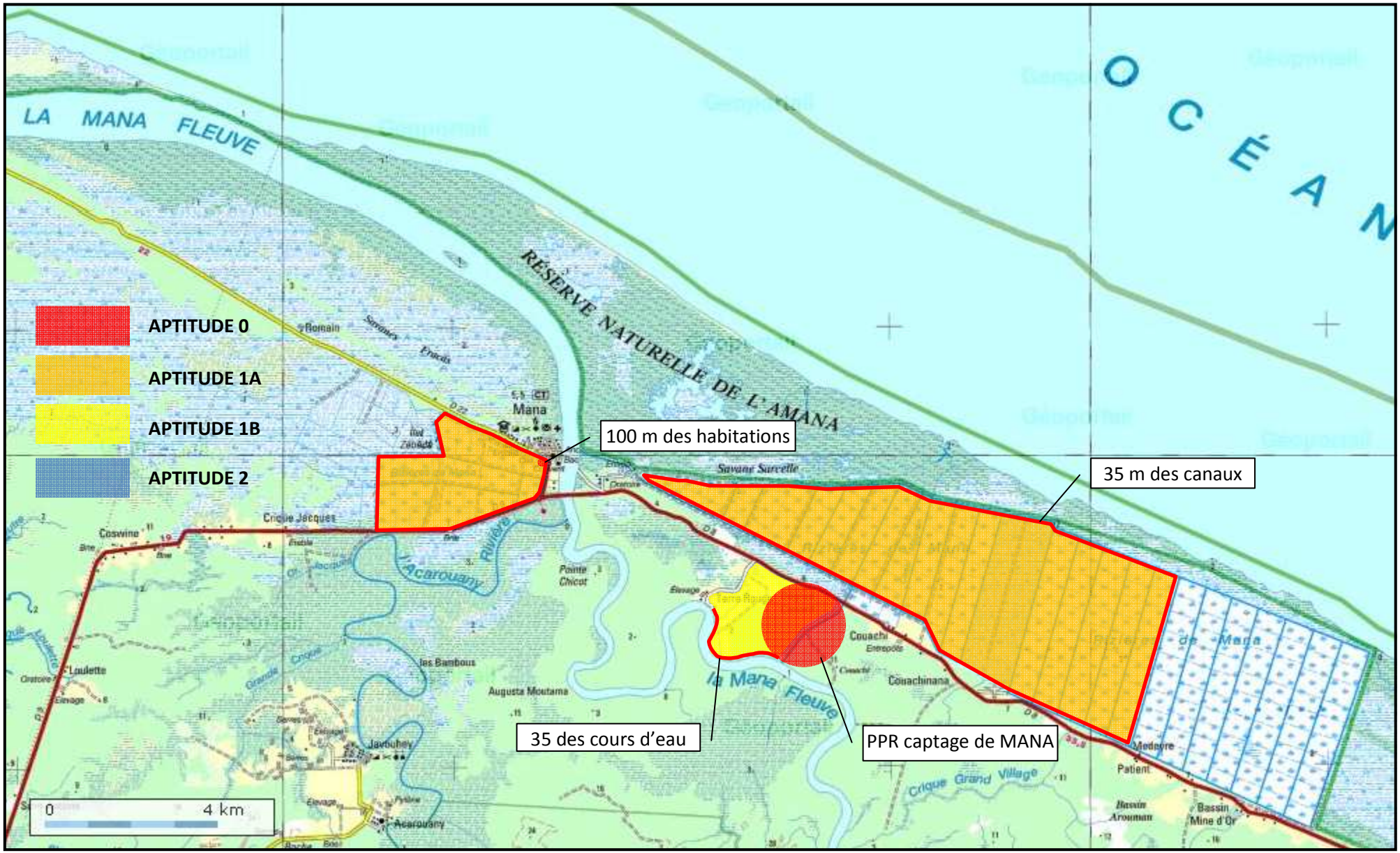
- **2** : Sol productif, sans contraintes particulières vis à vis des ressources en eau ou autre ; **dose = 6 T_{MS}/ha/an**

Les aptitudes de sols retenues intègrent les **contraintes relatives aux sols et au contexte environnemental. En effet, on pourra réajuster la dose en fonction des besoins de la culture.**

V.2. APTITUDES DES PARCELLES CONCERNEES PAR LES EPANDAGES

Les parcelles retenues se situent sur la commune de Mana.

CARTE D'APTITUDE DES SOLS



V.3. RAISONNEMENT AGRONOMIQUE

La quantification des éléments fertilisants est la base de cette étude.

❖ **Valeur totale des apports** : estimation **132 T_{MS}**

Tableau 16 : Teneur moyenne des boues en éléments fertilisants

	N_{tot}	P_2O_5	K_2O
Coefficient de minéralisation 1ère année	40%	60%	100%
Coefficient de minéralisation 2ème année	15%	20%	-
Teneur moyenne des boues (%MS)	**2,48%**	**2,27%**	**0,23%**

Tableau 17 : Apport fertilisant des boues

Dose appliquée en T_{MS}	Disponibilité moyenne année 1 (U)			Disponibilité moyenne année 2 (U)		
	N_{tot}	P_2O_5	K_2O	N_{tot}	P_2O_5	K_2O
1	10	14	2	4	5	0
2	20	27	5	7	9	0
3	30	41	7	11	14	0
4	40	54	9	15	18	0
5	50	68	12	19	23	0
6	60	82	14	22	27	0

❖ **Besoins nets des cultures en N, P, K (hors restitutions)**

Tableau 18 : Besoins nets des cultures en N, P et K

Cultures	kg/ha d'N à apporter	kg/ha de P_2O_5 à apporter	kg/ha de K_2O à apporter
Riz - < 3 t/ha	80	60	60
Prairie pâturée	100	90	100

(Source : Chambre d'Agriculture)

❖ **Compléments à apporter la première année** (valeurs en U/ha/an)

- **<u>Sur riz</u>**

Les apports seront effectués pendant la période sèche. Il est préférable d'épandre sur paille en effectuant un enfouissement simultané.

Tableau 19 : Compléments en éléments fertilisants compte tenu des doses préconisées sur riz

Dose appliquée en T_{MS}	Compléments année 1 (U)			Compléments année 2 (U)		
	N_{tot}	P_2O_5	K_2O	N_{tot}	P_2O_5	K_2O
1	70	46	58	76	55	60
2	60	33	55	73	51	60
3	50	19	53	69	46	60
4	**40**	**6**	**51**	**65**	**42**	**60**
5	30	Excès de 8	48	61	37	60

La dose maximale la plus appropriée appliquée sur riz sera de 4 T_{MS}/ha.

- **Sur Prairie**

Les apports seront effectués préférentiellement pendant le petit été de Mars. Un délai minimum de 6 semaines entre l'épandage et la remise à l'herbe des animaux doit être respecté.

Tableau 20 : Compléments en éléments fertilisants compte tenu des doses préconisées sur prairie

Dose appliquée en T_{MS}	Compléments année 1 (U)			Compléments année 2 (U)		
	N_{tot}	P_2O_5	K_2O	N_{tot}	P_2O_5	K_2O
1	90	73	98	96	85	0
2	80	63	95	93	81	0
3	70	49	93	89	76	0
4	60	36	91	85	72	0
5	50	22	88	81	67	0
6	**40**	**8**	**86**	**78**	**63**	**0**
7	30	Excès de 5	84	74	58	0

En entretien, on apportera au maximum une dose de 6 T_{MS}/ha.

- **Commentaires**

L'ensemble des sols sont déficitaires en phosphore.

L'apport de 4 TMS/ha de boues sur riz et 6 TMS/ha sur prairie permet de satisfaire la quasi-totalité des besoins en phosphore mais ne sera pas suffisant pour compenser le déficit en azote et en potasse. Par conséquent, des apports complémentaires en fertilisants minéraux seront nécessaires.

Les 3 exploitations ont une superficie largement suffisante pour permettre de valoriser la totalité des boues de la STEP de Mana (cf. paragraphe V.4 ci-après).

Un apport non négligeable d'oligo-éléments (fer, zinc et manganèse notamment) sera à même de réduire d'éventuelles carences.

V.4. CALCUL DU POTENTIEL D'ECOULEMENT DES BOUES SELON LES TYPES DE SOLS ET LES CULTURES

Si l'on s'en tient aux classes d'aptitude des sols et aux doses prédéfinies, le potentiel d'écoulement des boues est donc de :

Tableau 21 : Potentiel d'écoulement

	Apt 0	Apt 1A	Apt 1B	Apt 2	Total
Dose (T_{MS}/ha) *	0	4	5	6	
SPE (ha)	# 500	3 500	100	0	**3 600**
Potentiel d'écoulement moyen en T_{MS}	0	14 000	500	0	**14 500**

***** Il s'agit des doses d'apport de boues compte tenu des contraintes relatives aux sols et au contexte environnemental.

GISEMENT DE BOUES DE MANA A VALORISER = 132 TMS

POTENTIEL D'ECOULEMENT DES BOUES = 14 500 T de MS

La totalité des boues de la commune de Mana peut être valorisée en agriculture aux doses préconisées. Le plan d'épandage devant disposer de seulement 33 ha sur les 3 600 ha de surfaces potentielles, il s'agira de choisir le parcellaire de plus proche de la STEP de MANA afin de limiter les coûts de transport.

VI. MISE EN PLACE DES EPANDAGES

VI.1. DOSES ET PERIODES

Tableau 22 : Doses et périodes d'apport

Cultures	Dose en T_{MS}/ha	Dose en TMB/ha à 15 % de siccité	Périodes d'épandage
Riz	4	27	septembre/octobre
Prairie	5	33	Mars ou septembre/octobre

Les doses appliquées seront de l'ordre de 30 tonnes de boues brutes par hectares pour des boues dont la siccité devrait avoisiner les 15% de MS.

Le planning prévisionnel des épandages sera déposé au moins un mois avant le début des épandages.

Tableau 23: Périodes propices à l'épandage selon les cultures

CULTURE	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Céréales												
Prairie*												

* A adapter aux périodes de pâturage des animaux, le cas échéant

Période d'interdiction des épandages (CBPA)

Période d'épandage optimale (à moduler selon la date de semis/plantation et la floraison)

Période d'épandage possible (en fonction des conditions climatiques)

Le calendrier des opérations liées aux curages et aux épandages sera organisé de la façon suivante :

- Début août 2012 : bypass des effluents bruts vers la lagune n°2 → pompage du surnageant de la lagune 1 vers la lagune 2 → séchage naturel des boues de la lagune 1 pendant 1 mois. Au même moment, chaulage de la totalité des parcelles du plan d'épandage.
- Début septembre 2012 : extraction des boues déshydratées de la lagune 1 puis remise en eau. Pompage du surnageant des lagunes 2 et 3 dans la lagune 1 → séchage naturel des boues des lagunes 2 et 3 pendant 1 mois.
- Début octobre 2012 : extraction des boues déshydratées des lagunes 2 et 3 puis remise en eau.

Remarque : Pendant l'opération de curage, la station fonctionnera en mode dégradée. En effet, pour pouvoir curer un bassin il faut l'isoler des effluents bruts entrant qui sont redirigés vers les deux autres bassins. Les effluents bruts subissent alors un temps de séjour beaucoup plus faible que dans un fonctionnement normal de la Step où ceux-ci sont traités dans 3 bassins successifs.
C'est pourquoi, nous avons proposé un temps de séchage d'un 1 mois, délai suffisant pour obtenir des boues pâteuses tout en réduisant la période de fonctionnement en mode dégradée.

VI.2. ORGANISATION DU CHANTIER D'EPANDAGE ET ENFOUISSEMENT DES BOUES

Curage du bassin 1 du lagunage de Mana

Photo 1 : Entrée de la lagune de Mana à aménager pour faciliter le passage des camions

Photo 2 : Mise en place d'un by-pass

Photo 3 : Epandage de la chaux

Photo 4 : Lagune en cours d'assèchement suite au pompage du surnageant

PREPARATION DU CHANTIER
Dépose de la clôture et débroussaillage de la haie pour faciliter le passage des camions.

↓

CHAULAGE PREALABLE DES SOLS
Epandage de chaux préalablement aux épandages de boues.

↓

BY PASS DE LA LAGUNE 1
Les effluents bruts transitent directement dans le bassin 2 puis dans le bassin 3 avant rejet

↓

POMPAGE DU SURNAGEANT DE LA LAGUNE 1
Le surnageant est envoyé dans le bassin 2 et déshydratation naturelle des boues du bassin 1

↓

EXTRACTION DES BOUES DESHYDRATEES
Curage des boues pâteuses à l'aide d'une pelle mécanique en bordure de lagune 1 pour le chargement des bennes

↓

TRANSPORT
Jusqu'aux parcelles en camion solo

↓

REPRISE
Reprise des boues au chargeur

↓

EPANDAGE
Par épandeur étanche avec table d'épandage et pneumatique basse pression

↓

ENFOUISSEMENT
Immédiat par disquage

Photo 9 : Enfouissement des boues par disquage

Photo 8 : Epandage de boues pâteuses

Photo 7 : Chargement de l'épandeur

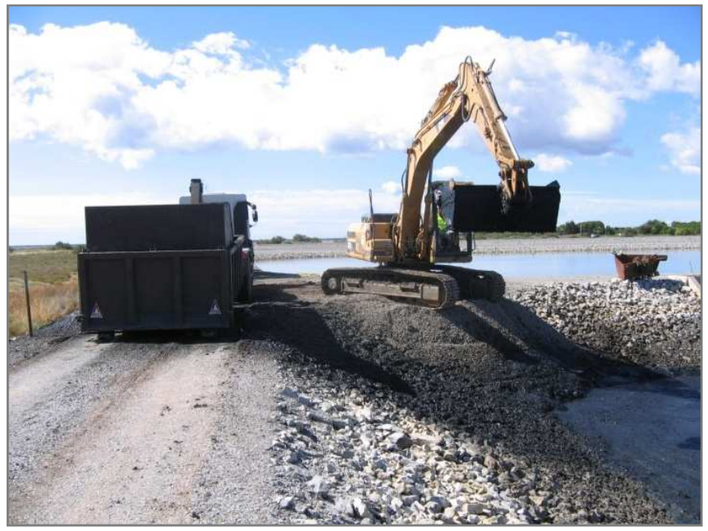


Photo 5 : Curage des boues et chargement des camions

Boues pâteuses

Photo 6 : Pelle mécanique lors d'un curage de canaux d'irrigation des Polders de Mana

Curage des bassins 2 et 3 du lagunage de Mana

BY PASS DES BASSINS 2 et 3
Les effluents bruts transitent directement dans le bassin 1 qui joue le rôle de bassin de stockage. Aucun rejet dans le milieu naturel.

↓

POMPAGE DU SURNAGEANT DES BASSINS 2 et 3
Le surnageant des bassins 2 et 3 est envoyé dans le bassin 1 et déshydratation naturelle des boues.

↓

SECHAGE DES BOUES DES BASSINS 2 et 3
Déshydratation naturellement des boues des bassins 2 et 3 pendant 1 mois environ.

↓

EXTRACTION DES BOUES DESHYDRATEES
Curage des boues pâteuses à l'aide d'une pelle mécanique en bordure des bassins 2 et 3 pour le chargement des bennes

↓

TRANSPORT
Jusqu'aux parcelles en camion solo

↓

REPRISE
Reprise des boues au chargeur

↓

EPANDAGE
Par épandeur boues pâteuses étanche

↓

ENFOUISSEMENT
Immédiat par disquage

VI.3. SUIVI DU CHANTIER D'EPANDAGE

Lors du chantier d'épandage, deux registres seront tenus et renseignés :

- Un **registre de chantier quotidien** (exemple ci-dessous) mentionnant :

- Les opérations administratives,
- Les conditions météo,
- Les pannes éventuelles et solutions de repli,
- Les prescriptions et contrôles d'exécution,
- Le journal de chantier (personnel, matériel, horaires, incidents, etc.),
- Les volumes extraits et cahier d'épandage.

CHANTIER D'EPANDAGE ET ENFOUISSEMENT DES BOUES DE LA STEP DE MANA

JOURNAL DE CHANTIER		
Date :		
OPERATIONS ADMINISTRATIVES		
CONDITIONS ATMOSPHERIQUES		
Matin		
Après midi		
Siccité		
PANNES DU MATERIEL		
Engin	Durée	
CONTRÔLE MAITRISE D'OUVRAGE		
Matériel + Opérateur	Temps de fonctionnement	Horaire de travail
VOLUMES EXTRAITS		

- Le **cahier d'épandage** (exemple ci-dessous) comprenant :

- Les dates d'épandage,
- Les références cadastrales des parcelles épandues,
- Les surfaces des parcelles,
- La culture suivant les épandages,
- La personne en charge de l'épandage,
- Les volumes épandus,
- La siccité,
- Les tonnages de matières sèches,
- Les observations diverses (conditions climatiques, …).

CAHIER D'EPANDAGE
DES BOUES D'EPURATION DE MANA

Date	Commune	Parcelle (Réf. cadastrale)	Surface	Culture	Exploitant	Opérateur de l'épandage	Volume ou tonnage de matières brutes épandues	Siccité	TMS/ha	Observations diverses (pluies, portance du sol, vent, …)

La quantité de MS évacuée sera calculée en fonction des tonnages évacués par engin et du nombre de rotations, **croisés avec les siccités.**

VI.4. DISPOSITIONS PRISES POUR LIMITER LES NUISANCES

❖ Nuisances olfactives

Les boues de STEP sont plus minéralisées que celles provenant de stations d'épuration à boues activées classiques (temps de séjour infiniment plus important) et par conséquent elles sont beaucoup moins odorantes.

L'enfouissement sera réalisé dans la continuité des épandages comme le prévoit la réglementation. Par ailleurs, on évitera dans la mesure du possible d'épandre par vent fort en direction des habitations.

- **Stockage** : Aucun **entreposage temporaire** (« dépôt ») de plus de quelques heures n'aura lieu sur les parcelles et au plus tard dans les 48 heures.

- **Epandage** : Epandeur type EBPL. Enfouissement sitôt l'épandage réalisé (sauf sur prairies). Eloignement vis-à-vis des habitations.

❖ Emission de lixiviats

- **Transport** : Camion à caisson et portes étanches.

- **Dépôt** : Transitoire sur des zones favorables.

- **Epandage et enfouissement** : au plus tard dans les 48 heures suivant l'épandage.

  Durant le déroulement du chantier, dans la même journée, les boues seront transportées, épandues et enfouies par disquage (sauf sur prairies).

VI.5. DISPOSITIF DE SURVEILLANCE DU PLAN D'EPANDAGE

❖ Bilan agronomique

Un bilan annuel du programme d'épandage doit être réalisé à la fin de chaque campagne. Il permet :

- De **conseiller** les agriculteurs (amélioration de la pratique, pérennité du plan),

- De **contrôler** le respect des préconisations du plan (doses et époques d'apport, parcelles épandues); la synthèse du document sera également examinée par les services de l'Etat (Office de l'Eau, DEAL, ARS),

- De **réactualiser** le plan en fonction des agriculteurs désirant des boues, le réajustement des doses, les rotations culturales, etc.

☞ **Suivi analytique : Surveillance de la qualité des boues de la station**

Le nombre d'analyses de boues réalisé, selon l'arrêté du 8 janvier 1998, est de :

Tableau 4 : Analyses de boues

	Paramètres agronomiques *	Métaux lourds (ETM) **	Eléments traces organiques ***	Bore et Arsenic
Année 1	8	4	2	-

*** : MS, MO, pH, Nt, NH_4^+, C/N, oligo-éléments, …**
**** : Hg, Cd, Cr, Cu, Zn, Ni, Pb, Se**
***** : HAP & PCB**

A partir de ces analyses ont été explicitées :

- la valeur fertilisante, l'intérêt agronomique et les doses à appliquer,
- la conformité des teneurs en éléments-traces par rapport aux seuils réglementaires,
- l'aptitude éventuelle au compostage.

☞ **Suivi analytique : Surveillance de la qualité des sols**

Conformément à la réglementation, les sols doivent être analysés au moins une fois en 10 ans ou après le dernier épandage lorsque la parcelle est exclue du plan.

Au maximum 2 analyses de parcelles de référence seront réalisées et interprétées post-épandage.

D'un point de vue agronomique, les **éléments suivants seront analysés :**

- Azote total et rapport C/N,
- Phosphore, Potasse, Magnésium et Calcaire,
- Matières Organiques et Ph.

Les **7 éléments-traces** métalliques (Cd, Hg, Ni, Pb, Zn, Cu et Cr) seront périodiquement analysés : leur concentration examinée, leur accumulation potentielle sur 10 ans calculée (flux cumulés).

☞ **Synthèse du registre d'épandage et bilans de fumure**

Chaque agriculteur disposera du plan de fumure, de la date de livraison, du lieu de dépôt (s'il y a), des parcelles concernées, des doses et des dates d'épandage.

Tableau 5 : Cahier d'épandage

Parcelle (Références cadastrales)	Surface (ha)	Origine des boues	Date de dépôt	Date d'épandage	T_{MB} de boues apportées

De même seront fournis les éléments suivants :

❖ Valeur agronomique des boues

Tableau 6 : Tableau récapitulatif des valeurs agronomiques

Eléments	Teneur des boues (% MS)	Apport des boues (kg/ha)
Azote		
Phosphore		
Potassium		
Calcium		
Magnésium		

❖ Eléments traces

Tableau 7 : Tableau récapitulatif des teneurs en éléments traces métalliques et organiques

Eléments	Teneurs en ppm MS
Hg	
Cd	
Pb	
Zn	
Cr	
Cu	
Ni	
7 PCB	
3 HAP	

❖ Intérêt agronomique des boues

Tableau 8 : Tableau récapitulatif de l'intérêt agronomique des boues

Dose en m^3/ha	Eléments	Coefficients de minéralisation K_m	Quantités disponibles (kg/ha)
	N_t	0,5	
	P	0,7	
	K	0,9	

Nous prendrons en compte les observations des agriculteurs et de l'exploitant de la station afin de valider le bon fonctionnement des opérations et éventuellement de proposer des améliorations nécessaires aux épandages ultérieurs.

☞ **Information – Communication**

Au cours de la réunion de fin de campagne, les résultats analytiques seront présentés ainsi que le bilan des épandages réalisés.

☞ **Remise à jour de données**

Il est à envisager que des parcelles ne soient plus disponibles par la volonté de certains agriculteurs ou élus.
Les doses de boues épandues, les périodes d'apport, etc. pourront être modifiées et adaptées à l'évolution de la production de boues et des cultures proposées à l'épandage.
Ces changements seront signalés dans le bilan agronomique afin d'assurer la pérennité du plan d'épandage.

VII. ESTIMATION FINANCIERE

L'épandage des boues de la lagune peut se faire simultanément au curage si bien qu'un stockage n'est pas nécessaire.
Le volume estimé à curer est **de 880 m^3 si on considère une siccité de 15 %** en moyenne au moment du curage. Notre base de calcul sera cette valeur.

Tableau 29 : Détail quantitatif concernant le curage du système de lagunage de Mana

Tonnage de MS	Siccité moyenne au moment de l'extraction	Gisement à évacuer	Eloignement des parcelles	Surface Potentielle d'épandage	Quantité d'amendement cacique
132	15 % MS	**880 TMB**	10 km	33 ha	40 T

Les investissements :

Dans le cadre d'une opération de curage d'un système de lagunage, l'investissement se résume ici à la mise en place d'un plan d'épandage. En effet, dans le cadre d'une valorisation agricole, l'élaboration d'un dossier de déclaration est indispensable.

INVESTISSEMENTS	EN EUROS HORS-TAXES
Etudes	Coûts
Plan d'épandage	10 000
TOTAL (€) hors subventions	**10 000**
TOTAL (€) avec 80 % de subventions	**2 000**

En matière d'investissement (infrastructure et matériel), on peut escompter des aides de l'ordre de 80% (Office de l'eau). Il convient de noter toutefois qu'il n'y a pas de subvention concernant les frais d'exploitation.

Le fonctionnement

FONCTIONNEMENT	Unité	P.U.	Q	TOTAL en €)
Tonnes de matières brutes	**880 m³ (15% de siccité) boues pâteuses soit 132 TMS**			
PREPARATION DU CHANTIER		**€**		**Coût**
Dépose de la clôture et débroussaillage	forfait	1000	1	1 000,00
Mise en place d'un by-pass provisoire	ml	50	50	2 500, 00
CHAULAGE DES SOLS		**€**		
Fourniture de l'amendement calcique (dédouané)[1]	Tonne	400	40	16 000,00
Epandage de l'amendement	Tonne	30	40	1 200,00
EXTRACTION DES BOUES		**€**		**Coût**
Amenée/repli matériel nécessaire à la réalisation du chantier	forfait	2000	1	2 000,00
Pompage du surnageant	jour	600	4	2 400,00
Curage au bull marais[2]	jour	900	4	3 600,00
Extraction à la pelle mécanique[2]	jour	1000	4	4 000,00
Transport des boues du lagunage vers les parcelles agricoles	jour	850	9	7 650,00
EPANDAGE DES BOUES		**€**		**Coût**
Reprise et Epandage des boues	Tonne	12	880	10 560,00
Enfouissement par disquage en grande culture	Ha	33	90	2 970,00
Encadrement du chantier	jour	600	10	6 000,00 €
ETUDES		**€**		**Coût**
Bilan agronomique	forfait			4 000,00 €
TOTAL (€)				**63 880,00**
TOTAL (€)/TMS				**483,94 €**

[1]Source : Bâtiments Guyanais et Guyane Agro Système
[2]Souce : Sté GTA à St Laurent et Sté Chambard (groupe Eiffage) à Sinnamary

Le coût de cette opération de curage et de valorisation des boues en agriculture pourrait être proche de 50 000 € si :

- les parcelles incluses dans le plan d'épandage sont situées à proximité immédiate de la STEP,
- les épandages ne se font que sur prairie (aucun enfouissement à prévoir),
- les agriculteurs prennent à leur charge 50 % du coût de l'amendement calcique,
- les agriculteurs prennent à leur charge l'épandage de l'amendement calcique.

Dans une hypothèse haute, le coût total des opérations de valorisation des boues est de :

- 483,94 €/Tonne de Matière Sèche,
- 72,59 €/Tonne de Matière Brute.

Dans une hypothèse basse, le coût total des opérations de valorisation des boues est de :

- 378,79 €/Tonne de Matière Sèche,
- 56,82 €/Tonne de Matière Brute.

Sachant qu'il ne s'agit que d'une opération ponctuelle et que celle-ci n'est renouvelée que tous les 10 à 15 ans en moyenne en fonction de l'urgence d'intervention sur les bassins de lagunage.

VIII. SOLUTION ALTERNATIVE

❖ Mise en Centre de Stockage des Déchets Ultimes

Les conditions d'admission :

Le seul CSDU susceptible de recevoir les boues de Mana est celui de la Communauté de Commune de l'Ouest Guyanais situé à St Laurent de Maroni, soit à 40 km de Mana.

La mise en Centre de Stockage des Déchets Ultimes est réservée, depuis le 1er juillet 2002, aux déchets dits « ultimes ». Cette notion de déchet ultime, telle qu'elle est définie dans la loi n°92-643 du 13 juillet 1992, comprend les déchets qui ne sont pas valorisables, dans les conditions technico-économiques du moment. **De façon pratique, cela signifie que cette solution de mise en C.S.D.U. ne doit être envisagée que dans le cas où les autres filières de valorisation n'ont pas abouti (ce n'est pas le cas de Mana)**.

Concrètement, l'admission des boues n'est possible **que si celles-ci ne sont pas conformes** à **l'arrêté du 08/01/98**, c'est à dire si elles ne sont pas aptes à l'épandage agricole.

La siccité doit atteindre au moins 30% et des analyses préalables des boues sont requises avant acceptation (tests de lixiviation norme NFX 31-210, teneurs en métaux lourds). **Les coûts d'une analyse est de l'ordre de 400 €.**

Les investissements :

La principale difficulté de la filière est le conditionnement préalable des boues afin d'atteindre une siccité supérieure à 30 %, indispensable à l'enfouissement technique. Le choix du dispositif de déshydratation dépend de son adéquation avec le type de STEP, sa capacité nominale et des possibilités foncières.
Pour les stations produisant des boues liquides tel que le lagunage, nous préconisons une déshydratation sur lits de séchage. Cette technique rustique permet d'obtenir des siccités élevées sans intervention humaine ni conditionnement chimique. En Guyane, ce système doit être couvert par des serres afin d'éviter l'influence des pluies. La consommation énergétique de ce dispositif est nulle dans la mesure où les boues peuvent être acheminées gravitairement jusqu'aux lits. Seule la déshydratation des boues de lagune demande un pompage par radeau pour l'acheminement des boues vers les lits.
Ce procédé requiert d'importantes surfaces, estimées à 1 m^2/5 EH soit 800 m^2 pour la seule station de Mana dont la capacité nominale est portée à 4 000 EH.

Le coût de mise en place des lits de séchage est de l'ordre de 200 €/m^2 hors acquisition du foncier.

INVESTISSEMENTS	EN EUROS
Infrastructure	Coûts
Lits de séchage	160 000
TOTAL (€)	**160 000**

Les amortissements sont calculés en annuités sur la base d'un taux d'intérêt à 6 % pour une durée de 15 ans sur le génie civil soit un indice annuel de 0,103.

Le fonctionnement

FONCTIONNEMENT	Unité	P.U.	Q	TOTAL en €
Tonnes de matières brutes	**440 m^3 (30% de siccité) boues sèches soit 132 TMS**			
AMORTISSEMENT DES INVESTISSEMENTS		**€**		**Coût**
Génie civil			1	16 480,00
FONCTIONNEMENT DE LA FILE BOUES		**€**		
Pompage des boues, entretien des lits, raclage des boues				16 000,00
TRANSPORT DES BOUES		**€**		**Coût**
Transport des boues du lagunage vers le C.S.D.U.	jour	850	14	11 900,00
TRAITEMENT DES BOUES		**€**		**Coût**
Enfouissement en C.S.D.U.	Tonne	50	440	22 000,00
ETUDES		**€**		**Coût**
Analyse	forfait			1 000,00 €
TOTAL (€)				**67 380,00**
TOTAL (€)/TMS				**510,46 €**

Au final, le coût total des opérations d'élimination des boues est de :

- 510,46 €/Tonne de Matière Sèche,
- 153,149 €/Tonne de Matière Brute.

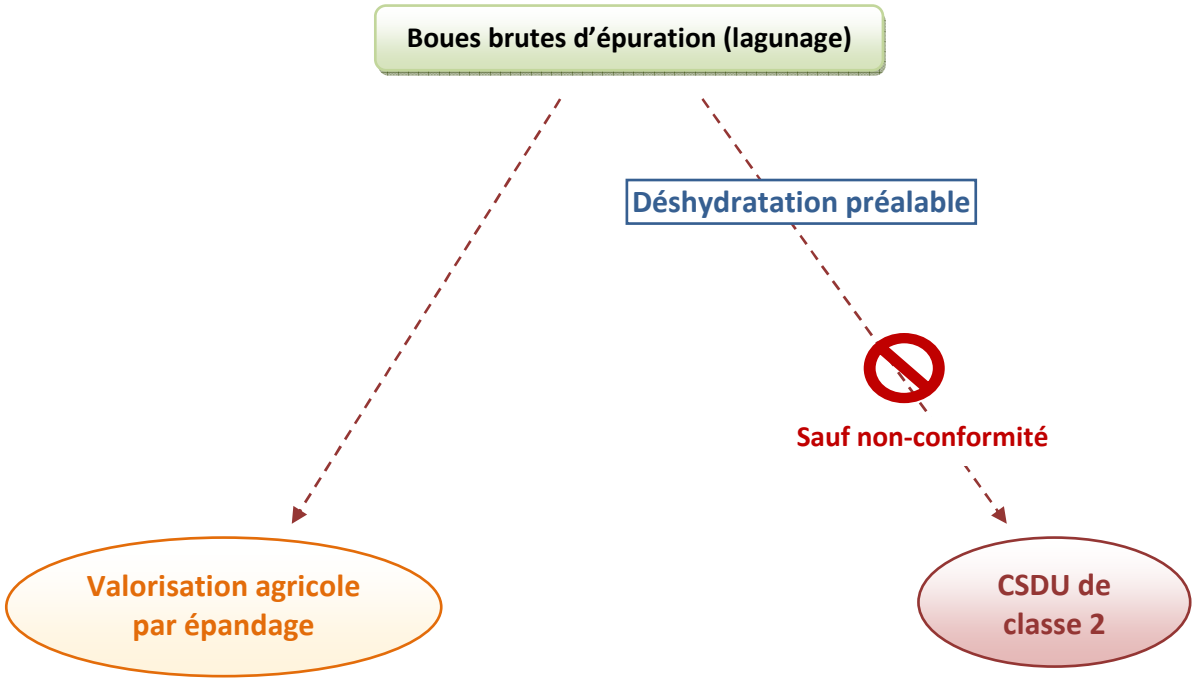
CONCLUSION

L'étude de valorisation des boues résiduaires d'épuration de Mana a montré leur intérêt agronomique (éléments fertilisants, oligo-éléments, …) ainsi que leur conformité quant aux teneurs en résidus autorisées par la réglementation. Elles sont donc aptes à la valorisation en agriculture.

Par ailleurs, le contexte agricole (surfaces très largement suffisantes) et environnemental est compatible avec les pratiques d'épandage de boues de station d'épuration (notamment les teneurs en métaux lourds des sols conformes). De plus, il s'avère que l'épandage agricole est la solution la moins onéreuse pour l'évacuation des boues.

Par conséquent, rien ne s'oppose à la mise en place d'un plan d'épandage règlementaire et au dépôt d'un dossier de déclaration préfectoral préalable à l'épandage des boues de la station.

Par ailleurs, aucune solution alternative ne s'offre à la commune hormis l'élimination en CSDU **si et seulement si les boues présentent une non-conformité à la valorisation agricole.**



ANNEXES

ANNEXE 1
Arrêté du 8 janvier 1998

ANNEXE 2
Analyse de boues

ANNEXE 3
Modèle de convention

ANNEXE 4
Localisation IGN des parcelles

ANNEXE 5
Localisation des captages AEP

ANNEXE 6
Analyse de sol