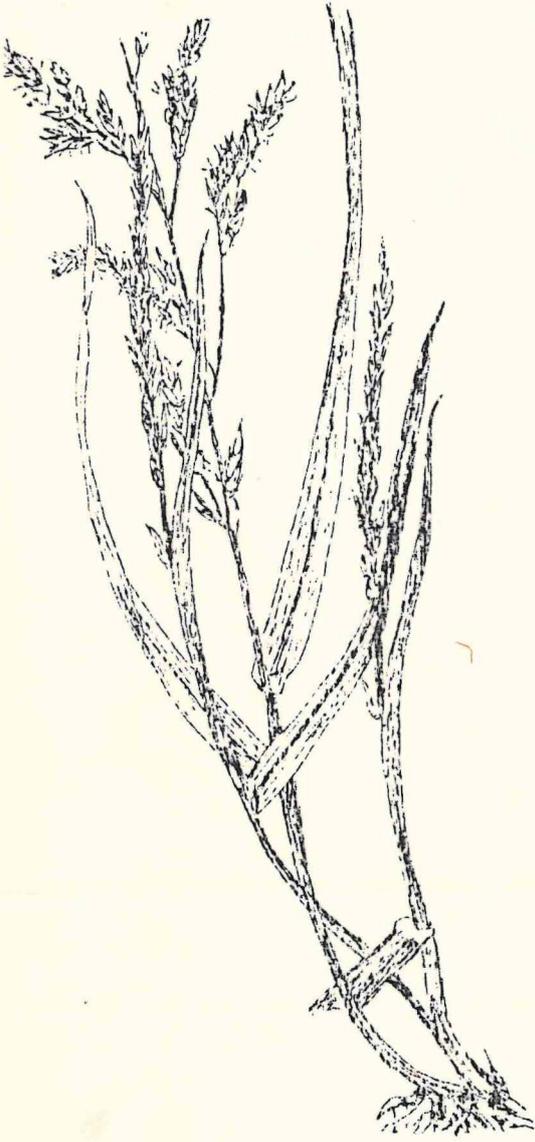


que
T.
0

MINISTERE DE L'AGRICULTURE
CENTRE NATIONAL DU MACHINISME AGRICOLE,
DU GENIE RURAL, DES EAUX ET DES FORETS
"C. E. M. A. G. R. E. F."
Groupement de BORDEAUX

Division : HYDRAULIQUE AGRICOLE

UNIVERSITE PARIS XII - VAL DE MARNE
U.E.R. SCIENCES CRETEIL
INSTITUT D'ELEVAGE ET DE MEDICINE VETERINAIRE
DES PAYS TROPICAUX
MAISONS ALFORD



VALORISATION
DES EAUX USEES DOMESTIQUES
PAR UNE PRODUCTION FOURRAGERE
SUR LE SITE EXPERIMENTAL
DE LANDIRAS (GIRONDE).

Rapport de stage de D.E.S.S. présenté par :

Catherine NAVROT

Diplôme d'Etudes Supérieures Spécialisées

PRODUCTIONS ANIMALES ET TECHNOLOGIES AGRO-ALIMENTAIRES
EN REGIONS CHAUDES
OPTION PRODUCTIONS VEGETALES ET ELEVAGE
ANNEE UNIVERSITAIRE 1983 - 1984

712 32 114

8530

MINISTERE DE L'AGRICULTURE
CENTRE NATIONAL DU MACHINISME AGRICOLE,
DU GENIE RURAL, DES EAUX ET DES FORETS

"C. E. M. A. G. R. E. F."

Groupement de BORDEAUX

Division : HYDRAULIQUE AGRICOLE

UNIVERSITE PARIS XII - VAL DE MARNE
U.E.R. SCIENCES CRETET
INSTITUT D'ELEVAGE ET DE MEDECINE VETERINAIRE
DES PAYS TROPICAUX
MAISONS ALFORT



VALORISATION
DES EAUX USEES DOMESTIQUES
PAR UNE PRODUCTION FOURRAGERE
SUR LE SITE EXPERIMENTAL
DE LANDIRAS (GIRONDE).

Rapport de stage de D.E.S.S. présenté par :

Catherine NAVROT

Diplôme d'Etudes Supérieures Spécialisées

PRODUCTIONS ANIMALES ET TECHNOLOGIES AGRO-ALIMENTAIRES

EN REGIONS CHAUDES

OPTION PRODUCTIONS VEGETALES ET ELEVAGE

ANNEE UNIVERSITAIRE 1983 - 1984

REMERCIEMENTS

Je tiens à exprimer ma reconnaissance aux ingénieurs et techniciens:

- du C.E.M.A.G.R.E.F., groupement de Bordeaux, en particulier à M. ROLLAND, directeur du groupement et M. TIERCELIN, chef de la division Hydraulique Agricole.
- du laboratoire d'Analyses végétales de l'I.N.R.A. de Bordeaux.
- de la Société Lyonnaise des Eaux de Budos (33).

LEXIQUE

- B.R.G.M. Bureau de recherche géologique et minière
- C.E.M.A.G.R.E.F. Centre d'étude du machinisme agricole, du génie
rural, des eaux et des forêts
- D.D.A. Direction départementale de l'agriculture
- I.N.R.A. Institut national de recherche agronomique
- L.E.P.A. Lycée d'étude professionnelle agricole

SOMMAIRE

	pages
INTRODUCTION	1
1. - L'EPANDAGE DES EAUX USEES DOMESTIQUES	3
1.1. - L'épandage: généralités	3
1.1.1. - Définitions et objectifs	3
1.1.2. - Différents systèmes d'épandage	4
1.1.3. - Aspects sanitaires de l'épandage	5
1.2. - Situation actuelle de l'expérimentation de Landiras	6
2. - LES DONNEES DE BASE	10
2.1. - Le site	10
2.1.1. - La station de prétraitement	10
2.1.2. - La parcelle d'épandage	12
2.2. - L'effluent	12
3. - ETUDES NOUVELLES	13
3.1. - Humidité du sol et bilan hydrique	13
3.1.1. - Humidité du sol	13
3.1.2. - Bilan hydrique	17
3.2. - Analyses des eaux	20
3.2.1. - Eaux d'arrivée	20
3.2.1.1. - Aptitude de l'effluent à l'épandage	20
3.2.1.2. - Moyens d'étude	20
3.2.1.3. - Résultats	21
3.2.2. - Eaux de la nappe	24

	pages
3.3. - Etudes fourragères	27
3.3.1. - Généralités	27
3.3.2. - Les moyens d'étude	31
3.3.3. - Inventaire floristique	32
3.3.3.1. - La féтуque	32
3.3.3.2. - Les adventices	34
3.3.4. - Résultats	41
CONCLUSION	47
BIBLIOGRAPHIE	49
ANNEXES	
ANNEXE A : ETUDES ANTERIEURES	53
ANNEXE B : PRINCIPAUX PARAMETRES DE POLLUTION D'UN EFFLUENT	61
ANNEXE C : LE DEBITGRAPHE ET SON ETALONNAGE	63

INTRODUCTION

Les rejets sans précautions d'eaux résiduaire domestiques dans les milieux naturels sont susceptibles de provoquer des pollutions et des nuisances.

L'épuration permet d'éviter ces conséquences fâcheuses et peut être envisagée sous trois formes:

- utilisation du pouvoir autoépurateur des cours d'eau.
- traitement en stations d'épuration.
- utilisation du pouvoir épurateur du sol.

Cette dernière solution que l'on désigne couramment sous le terme d'**épandage** est un procédé peu utilisé bien qu'ancien, notamment lorsqu'il s'agit d'irriguer des cultures destinées à l'alimentation humaine ou animale.

L'épandage ne doit pas être une simple technique de rejet pour se débarrasser d'un effluent à moindre frais et de manière apparemment élégante. Il peut être, s'il est bien mené, un procédé d'épuration poussée utilisant le complexe sol-plante comme système épurateur.

Le but de cette étude, réalisée de mai à septembre 1984, est de mettre en valeur l'aspect fourrager d'une installation d'épandage mais aussi d'en fixer les limites et les contraintes. Néanmoins, il ne faut pas oublier que la plante ne constitue qu'un élément du système épurateur.

1. - L'EPANDAGE DES EAUX USEES DOMESTIQUES

1.1. - L'épandage : généralités

1.1.1. - Définitions et objectifs

Le terme d'épandage réunit toutes les techniques de répartition contrôlée d'un produit sur ou dans des terres agricoles.

En particulier l'épandage utilisé comme procédé d'épuration permet de traiter les effluents susceptibles d'être dégradés biologiquement dans le sol, qu'il s'agisse d'eaux résiduaires ou de déchets solides, d'origine urbaine, industrielle ou agricole.

L'emploi de cette technique est limité par deux principes:

Le rejet à traiter doit être biodégradable ou assimilable par voie biologique, et non toxique.

Le système épurateur doit être constitué par un complexe sol-plante entretenu (sol régulièrement travaillé et plante normalement exploitée).

L'irrigation reste la méthode la plus sûre mais elle nécessite de grandes superficies et peut se heurter à des contraintes d'ordre sanitaire.

Les objectifs principaux de l'épandage sont:

Obtention d'un degré d'épuration suffisant notamment pour les agents pathogènes. L'essentiel de la charge polluante est bloqué par le sol puis "consommé" par la pratique culturale (microorganismes du sol, plantes, ...) sans dégradation de la structure du sol.

Valorisation de la plus grande partie des éléments minéraux et absorption d'une partie de l'eau apportés par l'effluent grâce à une "spéculation végétale".

Elimination de l'eau en excès qui rejoint les circulations souterraines ou superficielles, une fois débarassée des éléments les plus polluants (matières organiques, agents pathogènes, azote, ...).

1.1.2. - Différents systèmes d'épandage

Les systèmes utilisés en irrigation classique peuvent être transposés à l'épandage.

L'épandage par aspersion

C'est la technique la plus facile d'emploi mais elle présente certains inconvénients notamment lorsqu'il s'agit d'effluents urbains (comme c'est le cas dans cette étude) pouvant contenir des agents pathogènes.

Du point de vue juridique, l'emploi de dispositifs d'aspersion, générateurs de brouillards fins, ne sont pas admis sauf si l'effluent a subi une décontamination microbiologique efficace (circulaire du 4 novembre 1980). Cette interdiction est encore plus stricte lorsqu'il s'agit de l'aéroaspersion d'eaux urbaines (circulaire du 10 juin 1976).

L'épandage gravitaire

Son emploi est préconisé pour l'épandage d'effluents très chargés en matières en suspension et contenant des germes pathogènes car il évite le contact direct entre l'effluent et les parties aériennes des plantes.

L'eau est apportée

- par ruissellement (arrosage à la planche)
- par submersion (bassins)
- par infiltration en champs billonnés
- par arrosage localisé (tuyaux ou "goutte à goutte" nécessitant un tamisage préalable)

L'épandage souterrain par drains perforés

Peu fréquent, il doit être utilisé pour des effluents en faible volume et peu chargés en matières en suspension.

L'épandage en citerne ou tonne

Il est utilisé pour des produits liquides très concentrés et rejetés en faible volume, en surface ou en profondeur (lisiers, boues, ...).

1.1.3. - Aspects sanitaires de l'épandage

L'utilisation d'eaux résiduaires pour l'irrigation des cultures ne constitue pas une source de contamination spécifique qui nuit au développement des plantes elles mêmes. Mais les risques de contamination sont évidents pour l'homme et les animaux surtout dans le cas d'utilisation d'eaux domestiques brutes.

Les risques sanitaires immédiats peuvent avoir une double origine:

La toxicité chimique est due aux métaux lourds essentiellement lors de leur accumulation dans les cultures (effet de concentration). Dans ce cas il semble que le seuil de phytotoxicité soit atteint avant celui de la toxicité pour le consommateur.

La contamination par des agents pathogènes est présente au niveau du consommateur, au niveau du personnel et au niveau du voisinage (dans les deux derniers cas, de simples précautions suffisent à réduire les risques).

Agents pathogènes

Les microorganismes présents dans une eau résiduaire brute ou traitée, et susceptibles de se révéler pathogènes pour l'homme et les animaux domestiques sont essentiellement:

- des bactéries
- des virus (poliomyélite, hépatite A ...)
- des protozoaires (kystes d'amibes, Giardia, ...)
- des œufs de vers parasites intestinaux (divers tenias, ankylostomes, ...)
- plus rarement des champignons (*Candida* notamment)

Les vétérinaires attirent particulièrement l'attention sur le danger de transmission à l'homme des parasites de type Ienia inerme dont les œufs passent à travers les décantations des stations d'épuration et qui peuvent se transmettre par les bovins (cysticercose).

Mise en évidence d'une contamination par agents pathogènes

Devant la difficulté de mettre en évidence les germes pathogènes eux-mêmes, on se contente de rechercher des germes susceptibles d'apporter la preuve d'une contamination fécale sans pour autant prouver la présence des pathogènes.

La mise en évidence de ces germes devant être facile et rapide, on est donc amené à retenir des bactéries commensales de l'intestin présentant simultanément trois caractéristiques essentielles:

- origine fécale certaine ou très vraisemblable.
- abondance.
- résistance analogue ou un peu supérieure à celle des germes pathogènes.

Trois groupes de bactéries sont habituellement retenus:

- les coliformes fécaux
- les streptocoques fécaux
- les Clostridium sulfito-réducteurs

Les coliformes sont des entérobactéries d'origine intestinale récente non garantie . Il est donc préférable de rechercher systématiquement les "coliformes fécaux" d'origine fécale sûre. La discrimination se fait en premier lieu d'après la température d'incubation (44° C. au lieu de 37° C.)

Les Streptocoques fécaux, plus résistants, constituent, s'ils sont d'origine humaine, des témoins de contamination fécale plus ancienne.

Dans cette étude seront déterminés les coliformes fécaux et totaux et les streptocoques fécaux.

Précautions à prendre au niveau du fourrage

Quels que soient le parasite et son hôte, le danger se situe surtout lors de l'ingestion d'une herbe fraîche, contaminée au pâturage, alors qu'il est pratiquement nul avec les fourrages conservés.

Il convient tout de même de prévoir un délai entre l'épandage et le pâturage, et de faire des études sur le devenir des agents pathogènes dans certaines formes de conservation du fourrage (ensilage, foin, ...).

1.2. - Situation actuelle de l'expérimentation de Landiras

Landiras, commune de 1230 habitants, située dans le département de la Gironde à 50 km au sud-est de Bordeaux n'était pourvue d'aucun système d'assainissement jusqu'en septembre 1982. Les eaux usées aboutissaient le plus souvent à la rivière par le réseau d'écoulement superficiel et en définitive au Ciron (figure 1-2)

figure 1

ZONE DE L'ETUDE :
PLAN DE SITUATION



figure 2

PLAN DE SITUATION A 1/25 000



Dès mars 1982, le Syndicat intercommunal des eaux de Budos et la D.D.A. de Bordeaux ont proposé un projet d'assainissement par épandage à des fins agricoles des eaux usées d'un lotissement au lieu dit "Larrameye" (40 lots environ).

A l'origine le C.E.M.A.G.R.E.F. était chargé de l'étude pédologique initiale et du suivi de l'étude quantitative des éléments fertilisants du sol.

En 1983, le C.E.M.A.G.R.E.F. sollicita des crédits pour une extension de l'aire d'épandage et une expérimentation supplémentaire en fourrage et alimentation animale. Le programme prévoyait la collaboration entre le C.E.M.A.G.R.E.F., chargé du contrôle de l'épuration et de l'évolution qualitative et quantitative, le L.E.P.A. de Bazas pour la réalisation des essais fourragers avec élevage d'ovins, et l'école vétérinaire de Toulouse pour le suivi sanitaire et l'aspect parasitologique de l'emploi d'eaux usées domestiques.

Les crédits prévus ayant été repoussés à 1984 les interventions du lycée de Bazas et de l'école vétérinaire de Toulouse ont été supprimées. Seuls certains aspects de l'expérimentation ont été maintenus. Ainsi les études précédentes (1982-1984) ont porté principalement sur les problèmes liés à l'épuration par le sol et au matériel utilisé pour l'aspersion. (Annexe A)
L'expérimentation consacrée à l'aspect fourrager de l'épandage s'est heurtée à de nombreux problèmes: par suite du délai de crédits, la végétation n'a pas été entretenue ce qui a permis la prolifération de nombreuses adventices sur l'aire d'épandage gênant les repousses de la fétuque (voir 4.2.3.2.).

2. - LES DONNEES DE BASE

L'emploi de l'épandage comme procédé d'épuration nécessite une bonne connaissance de l'effluent, qui constitue le produit à traiter, et la possibilité de trouver un site favorable.

2.1. - Le site

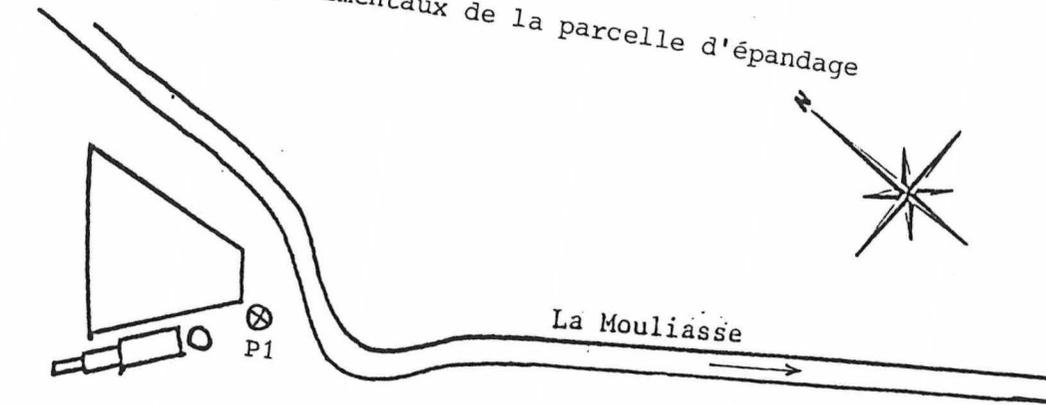
La station de prétraitement et la parcelle d'épandage ont été installées à proximité de la "Mouliasse", ruisseau où les eaux usées de la commune étaient rejetées directement avant la réalisation de l'épandage.

2.1.1. - La station de prétraitement

La station, installée au bord de la "Mouliasse" a été conçue pour 1000 eq.hab. et comprend les éléments suivants:

- un dégrilleur à nettoyage manuel, constitué de barreaux métalliques, permettant l'élimination des gros éléments et des déchets encombrants.
- un dessableur formé de deux canaux de dessablage à emploi successif, pour retenir les matières minérales supérieures à 2 mm.
- un dégraisseur-décanteur statique dans lequel les graisses flottent en surface sous l'effet de leur poids volumique, pour être ensuite récupérées puis éliminées.
- un puits de relèvement des eaux ayant subies le prétraitement. Il est équipé d'une pompe immergée alimentant la rampe d'épandage dont le fonctionnement est commandé par 2 flotteurs. La pompe a un débit de 6,3 m³/h sous une pression de 1 bar. Elle est équipée d'un filtre autonettoyant.
- un bassin de stockage de 60 m³ pour recevoir le trop plein du puits de relèvement et pour stocker l'eau lors d'un éventuel arrêt de l'épandage.
- un lit de séchage des boues, des sables et des déchets du dégrillage, de 20 m² dont les eaux d'égouttement rejoignent le puits de relèvement.

Figure 3 : Points expérimentaux de la parcelle d'épandage



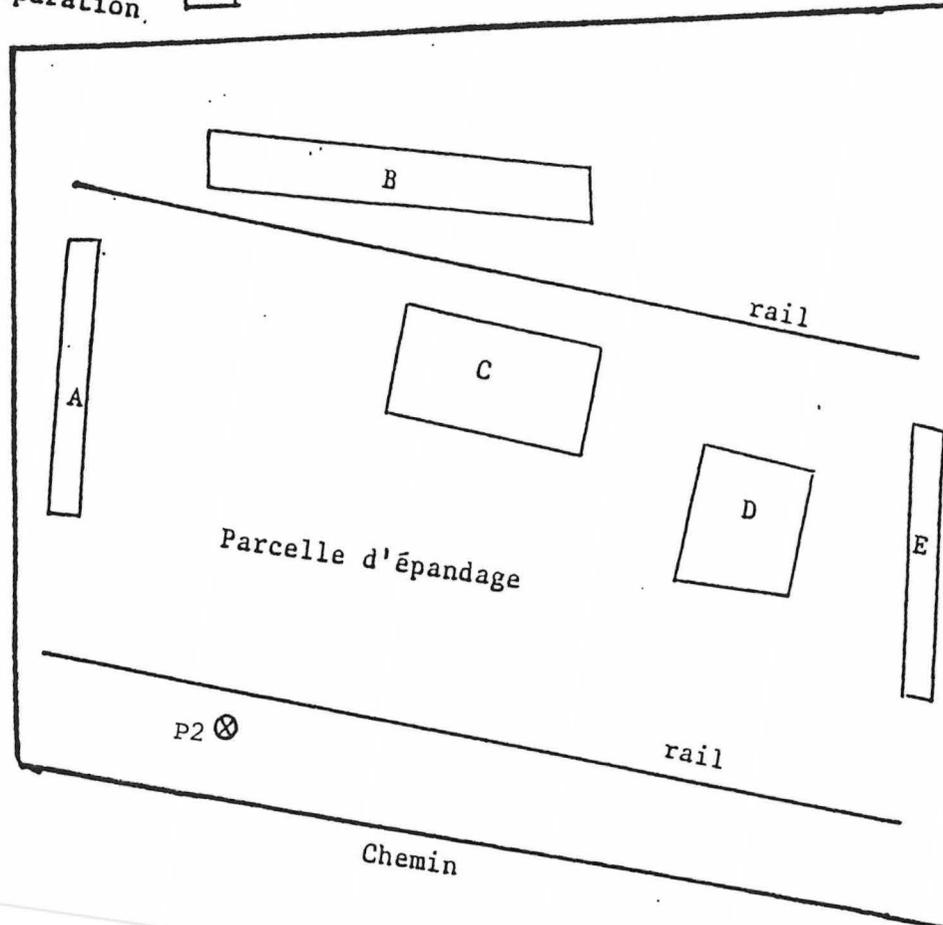
Station
d'épuration.

ZONES D'ETUDES FOURRAGERES

- A: Témoin haut
- B: Fétuque 82 (1)
- C: Fétuque 82 (2)
- D: Fétuque 83
- E: Témoin bas

PIEZOMETRES

- P1
- P2



(échelle 1/500)

2.1.2. - La parcelle d'épandage

C'est une parcelle de 3000 m² dont 2800 m² utiles (figure 3)

Le terrain est légèrement en pente (4.7 % pour la plus forte pente)

La parcelle a été semée à l'origine en Fétuque élevée variété "Manade".

Le système d'épandage est une rampe à charpente métallique de 45 m. circulant le long de 2 rails distant de 30 m., et à fonctionnement entièrement automatisé (garde au sol de 1,20 m.). La vitesse de déplacement est de 8 m/h à l'aller et de 24 m/h au retour.

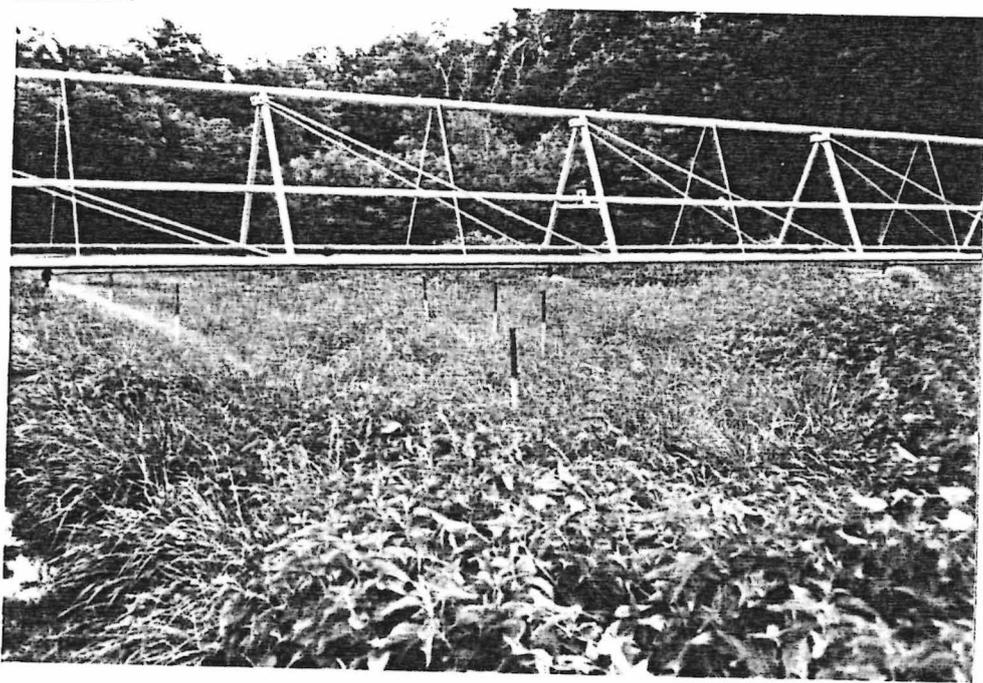
La rampe est alimentée par les eaux provenant de la station et équipée de 20 buses " RAIN BIRD " 8X (n° 11).

2.2. - L'effluent

Les eaux usées qui alimentent la station proviennent d'un lotissement au lieu dit " LARRAMEYE ".

Le système d'assainissement de la commune de Landiras est de type séparatif, constitué de 2 réseaux d'égouts: le premier recueille les eaux ménagères et les eaux vannes, le second reçoit les eaux de pluies et de lavage après écoulement superficiel et aboutit au milieu naturel.

L'effluent brut n'est soumis qu'à des traitements préliminaires: ils ont pour but de retenir les matières séparables par des procédés simples, décrits précédemment, et de faciliter ainsi les opérations ultérieures liées à l'épandage.



PARCELLE D'EPANDAGE ET RAMPE D'ARROSAGE

3. - ETUDES NOUVELLES

3.1. - Humidité du sol et bilan hydrique

3.1.1. - Humidité du sol

Cette étude avait pour but de suivre l'humidité du sol de la parcelle d'épandage tout au long de la période d'expérimentation végétale.

Méthode de prélèvements et de mesures

La mesure de l'humidité (quantité d'eau retenue dans le sol) a été réalisée sur des prélèvements de terre à la tarière de 40 mm tous les 10 cm. Ces échantillons sont pesés avant et après passage à l'étuve (100° C) pendant au moins 24 heures. Les prélèvements ont été faits sur 40 cm, les études pédologiques précédentes ayant montré que les racines des plantes se situaient en majorité dans cet horizon.

Quatre zones ont été étudiées périodiquement:

- Zone A "témoin haut"
- Zone B "fétuque 82"
- Zone D "fétuque 83"
- Zone E "témoin bas"

Profils hydriques

Les profils hydriques ont été fait pour les zones "témoin haut" et "fétuque 82" jusqu'à une profondeur de 70 cm (par 10 cm) en début et en fin de période expérimentale. (figure 4)

L'humidité est exprimée en Humidité volumique c'est à dire par rapport au volume de sol en place:

$$Hv = Pe / Vs$$

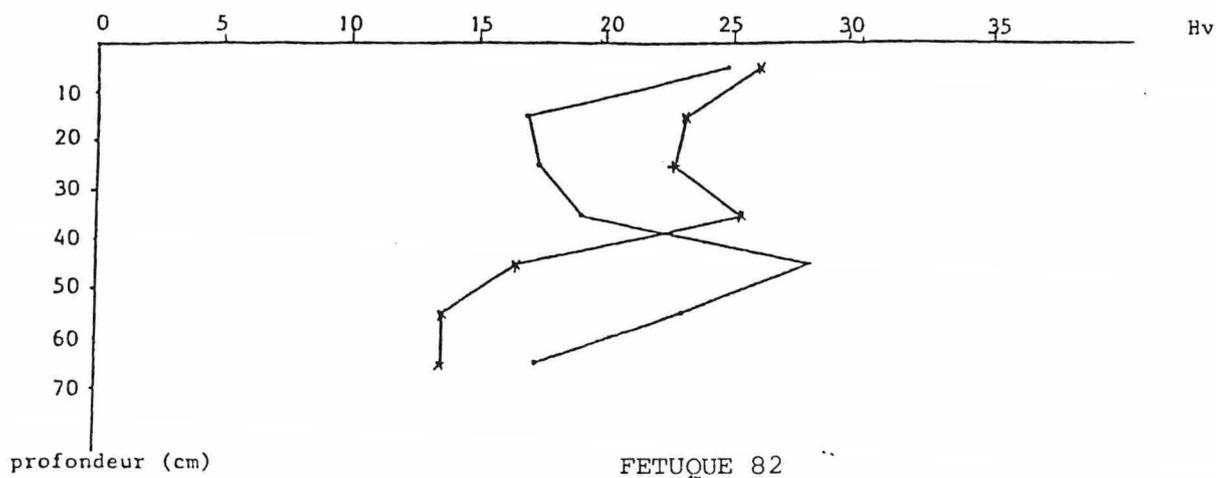
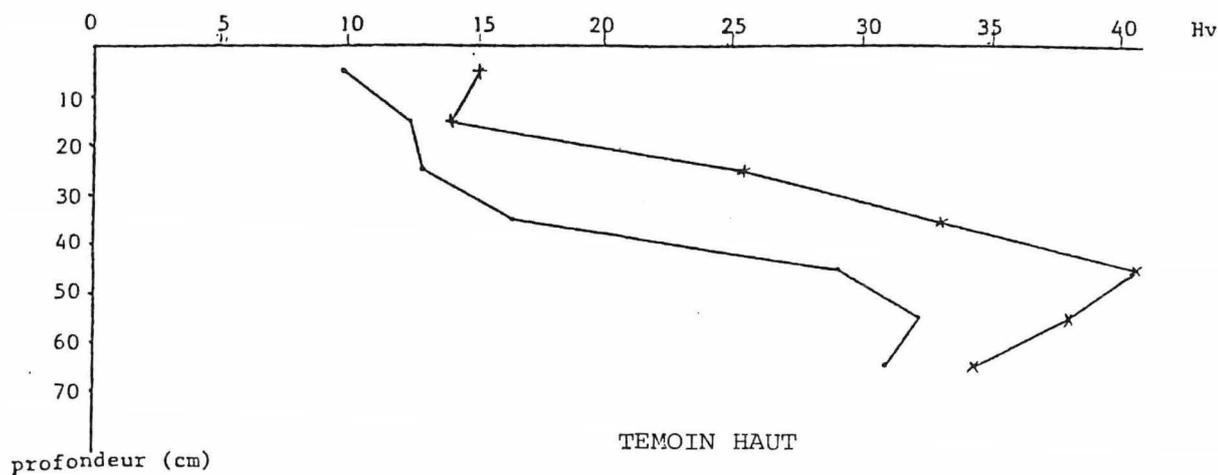
Hv: humidité volumique en g/cm³

Pe: Poids d'eau en g. (différence entre le poids de terre humide et le poids de terre sèche)

Vs: Volume de sol (ramené à un cylindre de 40 mm de diamètre et 100 mm de hauteur)

figure 4 : Profils hydriques

•—• 16 juin 1984
 +—+ 27 aout 1984



L'examen des profils hydriques établis met en évidence:

Une différence de texture très nette au niveau du "témoin haut". A la surface du profil de texture sableuse la rétention est faible. Elle augmente en profondeur avec la présence d'argiles. La variation des teneurs en eau entraîne une variation des réserves et de la disponibilité de l'eau pour les plantes

Pour la zone "fétuque 82", il faut noter une réhumidification en surface jusqu'à 40 cm: Les pluies fortes du 24 aout ont causé un déplacement du profil hydrique trois jours plus tard.

En profondeur (au delà de 70 cm) l'humidité se stabilise autour de 15 % pour la zone "fétuque 82" et de 30-35 % pour le témoin

D'une manière générale, les profils hydriques révèlent la présence sur la parcelle de terrains très hétérogènes ce qui a déjà été mis en évidence lors de l'étude pédologique initiale en 1982.

Humidité totale sur l'ensemble du profil

A partir des mesures d'humidité volumique sur les 4 zones, il a été possible de déterminer la lame d'eau correspondante en mm sur toute l'épaisseur du profil considéré. (figure 5)

Pour chaque prélèvement:

$$l = h \times H_v$$

l: lame d'eau exprimée en mm

h: hauteur de chaque prélèvement en mm (soit 100 mm dans le cas présent)

H_v: Humidité volumique

Enfin la lame d'eau totale (L) est obtenue par la somme sur tous le profil, soit 30 cm pour le "témoin haut" et 40 cm pour les 3 autres zones.

Les deux zones de fétuque arrosées présentent une humidité supérieure aux zones témoins. L'éloignement plus ou moins important des courbes peut résulter de la situation de la zone par rapport à l'épandage au moment du prélèvement (intervalle de temps écoulé depuis le dernier arrosage). Une idée générale de la situation des réserves pourrait être obtenue en réalisant une courbe moyenne.

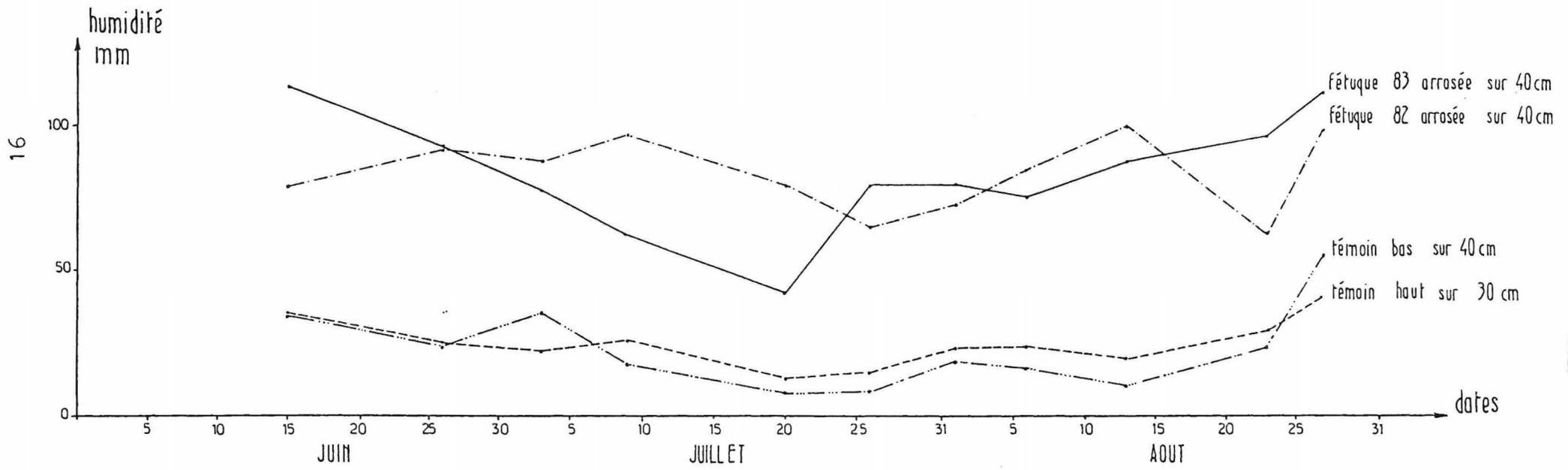


figure 5 : Humidité du sol

Les deux témoins varient sensiblement de la même manière car les apports sont inexistantes. Il faut noter tout de même que si la lame d'eau totale du "témoin haut" était calculée sur 40 cm la courbe serait déplacée vers le haut c'est à dire vers de plus fortes humidités. La texture très sableuse du "témoin bas" explique en partie cette faible rétention d'eau.

3.1.2. - Bilan hydrique

Les variations de l'humidité du sol sont liées d'une part aux apports des précipitations et des doses d'effluent épandu, d'autre part aux exportations par évaporation du sol et transpiration des plantes. (figure 6)

Le bilan hydrique a été établi pour le témoin en ne considérant que les pluies et l'ETP (P-ETP). Pour la parcelle arrosée, on tient compte en plus des apports d'eaux usées. (figure 7)

Un pluviographe a été installé à coté de la station de prétraitement des eaux. Relevé toutes les semaines, il donne l'importance des précipitation sur le site d'épandage.

MOIS	JUIN	JUILLET	AOUT
PLUIES (mm)	127	48	320

L'ETP (évapotranspiration potentielle) représente l'ensemble des exportations par le système sol-plante. La méthode de calcul de l'ETP de Penmann est une des méthodes les mieux adaptées au niveau de la parcelle. Les données d'ETP utilisées sont celles de la station météorologique de MERIGNAC

Le compteur horaire de la pompe installée dans le puits de relèvement des eaux permet de connaître le temps de fonctionnement de l'épandage et d'en déduire les apports d'eaux usées sur la parcelle expérimentale

En absence d'apport (témoin) le déficit hydrique est net durant la période d'étude. Les plantes vont devoir puiser dans les réserves.

Avec épandage, il y a surabondance au niveau de la parcelle arrosée. Les besoins des plantes sont environ de 300 à 500 mm. Toute l'eau en excès va disparaître par percolation ou ruissellement en entraînant tous les éléments épandus (minéraux ou microorganismes) non utilisés ou non éliminés.

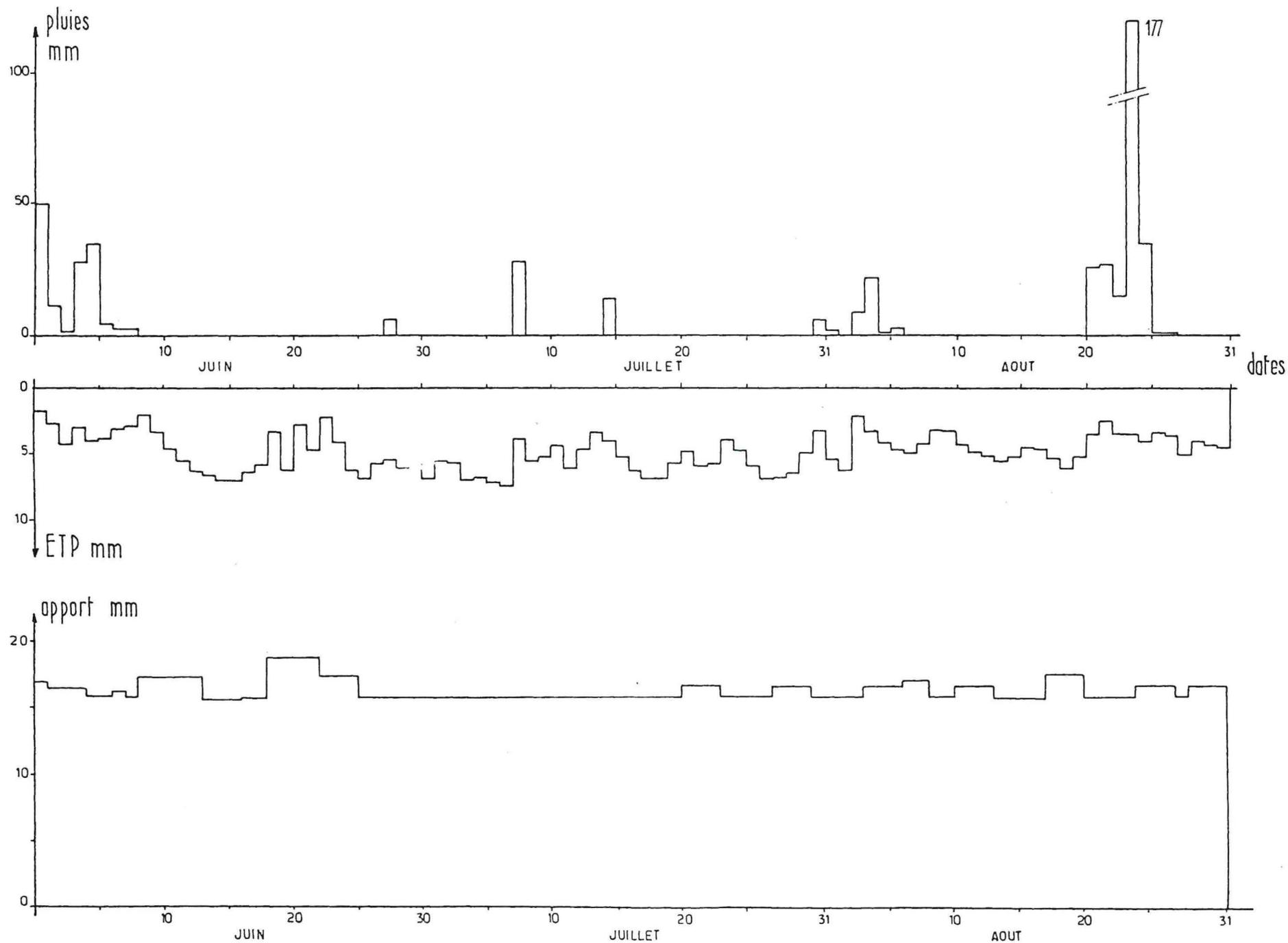


figure 6 : Pluviométrie, évapotranspiration et apports d'eaux sur la parcelle d'épandage

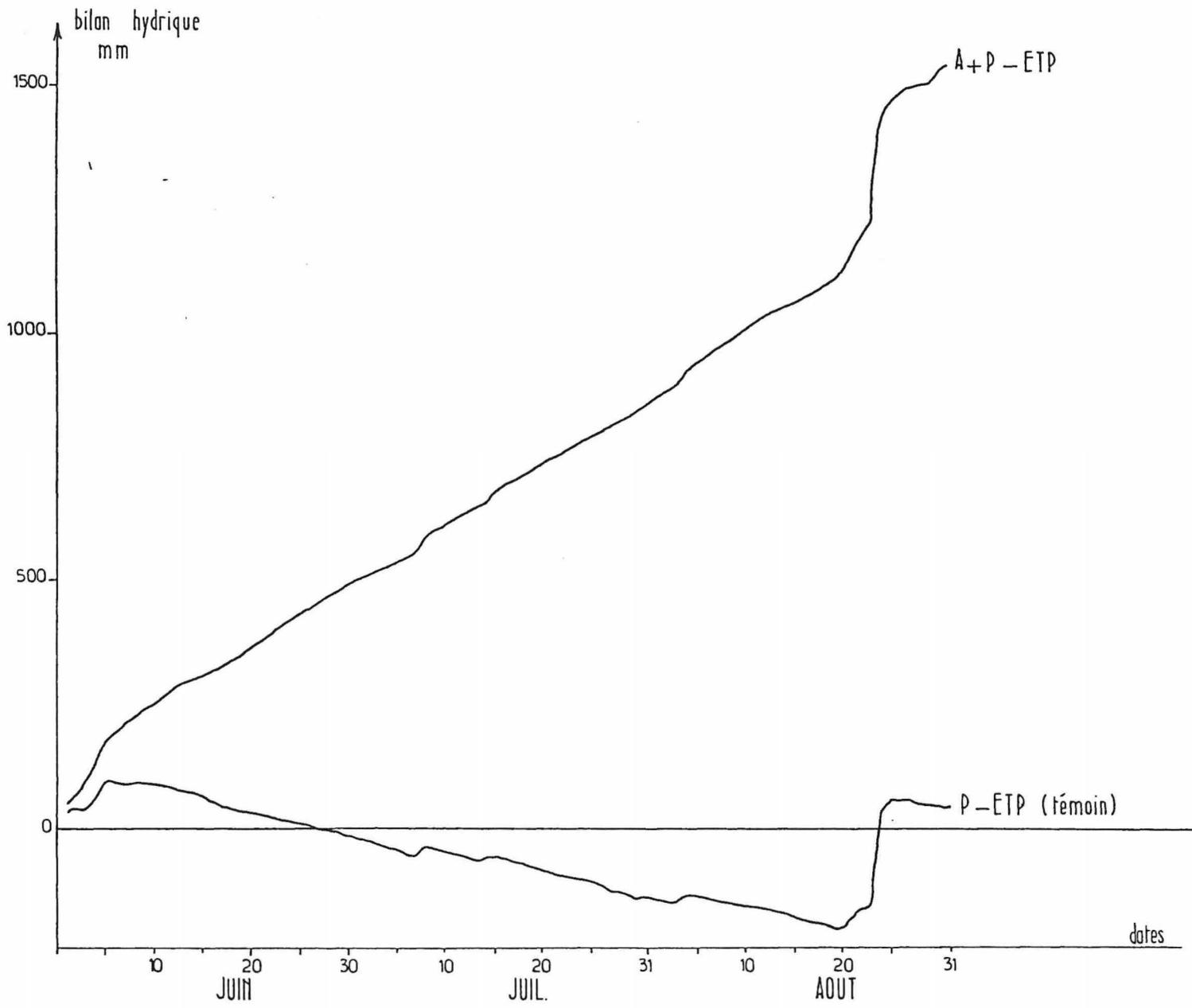


figure 7 : Bilan hydrique du témoin et de la zone arrosée

3.2. - Analyses des eaux (Annexe B)

L'étude a porté d'une part sur les eaux d'arrivée (effluent après prétraitement), d'autre part sur les eaux de la nappe.

3.2.1. - Eaux d'arrivée

3.2.1.1. - Aptitude de l'effluent à l'épandage

L'épandage est un procédé d'épuration biologique à employer pour des effluents dégradables et assimilables par les microorganismes du sol, le complexe sol- plante n'ayant pas la capacité d'épurer tous les types d'effluents. Pour que le rôle épurateur soit totalement assuré, l'effluent épandu doit avoir une composition favorable:

Les substances toxiques doivent être absentes ou présentes en deça des seuils de toxicité.

L'effluent doit être apte à la dégradation et à l'assimilation dans le sol: cela concerne les matières organiques présentes en grandes quantités dans les effluents domestiques et qui seront dégradées, mais aussi tous les éléments fixés et assimilés par les plantes pour satisfaire leurs besoins.

La composition de l'effluent ne doit pas présenter de risques pour la structure du sol et ses capacités de rétention et d'échanges (les problèmes de conservation et de colmatage du sol ont été abordés dans les études antérieures, voir annexe A)

3.2.1.2. - Moyens d'études

Appareil de prélèvement

Un appareil de prélèvement automatique est installé entre le dégraisseur-décanteur et le puits de relèvement. Cet appareil est constitué de:

Une caisse dite "préleveur LEBEC" contenant 24 flacons de 1l. Leur remplissage successif est commandé par une horloge synchrone permettant de changer de flacons toutes les heures.

Une pompe à débit réglable pour remplir les flacons.

Un temporisateur équipé d'une came circulaire commande le fonctionnement syncope de la pompe.

Le débitgraphe installé dans le puits de relèvement des eaux permet de suivre le débit d'écoulement durant le temps de prélèvement et de relier le taux de charges polluantes au débit d'eau (voir annexe C pour l'étalonnage du débitgraphe).

La variation du flux de ces charges durant le temps de prélèvement s'écrit:

$$F = Q \times C$$

avec F le flux
Q le débit en l/s
C la concentration

Traitement de la courbe de débit instantané et constitution des échantillons moyens

La courbe de débit instantané donnée par le débitgraphe est intégrée par ordinateur. Le programme (RUISLD) permet d'avoir le volume écoulé sur un intervalle de temps fixe (ici une heure correspondant au temps de remplissage d'un flacon).

Une fois les volumes horaires d'eau connus, la période de 24 heures est divisée en trois périodes selon l'importance des rejets (périodes de pointe, creuse et moyenne). Cela permet de rendre compte des différences journalières de débit liées aux diverses activités propres à certaines périodes.

Pour chaque échantillon de 1 l la fraction volume horaire/volume total de la période est prélevée. La réunion de ces prélèvements constitue l'échantillon moyen de la période considérée.

Enfin le rapport du volume total de la période sur sa durée détermine le débit de la période (m^3/h).

3.2.1.3. - Résultats

Trois analyses des eaux d'arrivée sur 24 heures ont été réalisées en juin, juillet et aout 1984.



Importance des rejets

Les volumes journaliers observés lors des trois prélèvements sont :

MOIS	VOLUME (m ³ /j)
JUIN	11
JUILLET	20
AOUT	19,6

Globalement, de janvier à avril 1984, les volumes avaient variés de 8.6 à 12 m³/j.

L'augmentation du débit sur 24 heures à partir du mois de juillet peut être liée à de nouveaux raccordements sans que l'on puisse en faire préciser la nature et l'importance par la mairie de Landiras ou la Lyonnaise des eaux.

Des volumes journaliers de cet ordre et même supérieurs (jusqu'à 60 m³/j) avaient déjà été observés en décembre 1982 et attribués à des problèmes d'ordre technologique.

Les variations journalières de ces volumes ont donc permis de distinguer 3 périodes :

La durée des périodes creuses varie entre 4 et 7 h. Ces périodes se situent dans la matinée avant 8-9 h. En juillet, cette période a été plus longue avec un débit moyen de 0.35 m³/h (12 % du volume total journalier) contre 0.16 m³/j pour les deux autres mois (5 % du volume total journalier).

Les périodes de pointe se situent en milieu de journée mais aussi en fin de soirée après 20 h. pour les mois de juillet et d'aout. Les débits correspondants de ces deux mois représentent 65 % des rejets totaux de la journée en 10-12 h. alors qu'ils n'en représentaient que 40 % sur 7 h. au mois de juin.

D'une manière générale on observe donc un allongement de la période de pointe caractérisée par des activités domestiques.

Enfin, les périodes moyennes sont celles où aucune activité particulière n'est observée en cours de journée.

figure 8 : Analyses physicochimiques des eaux d'arrivée

MOIS	JUN			JUILLET			AOUT		
	P	M	C	P	M	C	P	M	C
Période									
Durée (h)	7	13	4	12	5	7	10	9	5
Débit (m ³ /h)	0.59	0.49	0.16	1.12	0.83	0.35	1.27	0.66	0.17
pH	7.75	7.80	7.90	7.40	7.30	7.20	7.80	7.80	7.60
Conductivité µmhos/cm	695	575	520	1370	1350	1250	1360	1350	1360
DCO (mg/l)	493	395	310	565	565	520	540	535	515
DBO 5 (mg/l)	265	181	164	290	310	330	240	232	253
MES (mg/l)	173	152	-	75	63	82	116	105	89
Z minéral	16	15.5	-	10	12	15	5	7	6
N organique (mg N/l)	12.79	4.77	-	-	-	-	21.41	12.56	8.64
NH ₄ ⁺ (mg N/l)	51.56	42.29	37.10	-	-	-	76.44	73.50	66.42
NO ₂ ⁻ (mg N/l)	ND	ND	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND
NO ₃ ⁻ (mg N/l)	ND	ND	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND
N Kjeldahl mgN/l	64.35	47.06	-	90.28	82.89	76.61	97.85	86.06	75.06
Ortho PO ₄ mg P/l	23.32	18.79	12.47	26.43	25.83	22.43	25.77	25.65	27.56
P total mg P/l	24.53	20.52	-	26.45	26.53	24.33	28.63	28.44	30.26
Détergents anion mg/l	12.3	10.7	-	11.1	14.8	8.4	11.2	12.7	11.9

ND: non détecté

P: période de pointe

M: période moyenne

C: période creuse

-Enjuin, toutes les mesures n'ont pu être effectuées sur l'échantillon de la période creuse dont le volume était trop faible.

-Enjuillet, le dosage de NH₄ n'a pas été valable et il n'a pas été possible de le refaire. C'est pourquoi seul l'azote Kjeldhal a été déterminé.

Résultats (figure 8)

Le pH est proche de la neutralité et toujours inférieur à 8, pH au delà duquel l'épuration biologique dans le sol est fortement perturbée.

La conductivité, critère de minéralisation est plus faible en juin (de moitié). Une simple augmentation de débit à partir de juillet ne devrait pas apporter de modifications sauf en cas de dilution de l'effluent par les pluies ce qui a été observé sur le site expérimental de Landiras le jour même des prélèvements.

La DCO et la DBO sont dans les normes caractéristiques des rejets d'effluents urbains, les valeurs étant plus faibles en juin pour les mêmes raisons évoquées précédemment.

Le critère de biodégradabilité DCO/DBO5 est inférieur à 2.5 (de 1.8 à 2.3) révélateur de la dominante domestique de ces effluents.

Les MES sont plus importantes en juin. En fait il s'agit d'une remise en suspension liée aux précipitations et aux teneurs plus faibles de DCO.

Le pourcentage minéral révèle la présence de charges surtout organiques dans l'effluent.

L'azote est présent surtout sous forme organique et ammoniacale et toujours inférieur à 100 mg/l et le phosphore se présente en majorité sous forme d'ortho phosphate (plus de 90 %).

Enfin les détergents sont en quantité non négligeable dans l'effluent.

3.2.2. - Eaux de la nappe

Ces analyses ont pour but de mettre en évidence le devenir de l'azote épandu sur le sol, une fois les prélèvements effectués par les plantes.

Moyens d'étude

L'étude a porté sur trois points:

Deux piézomètres avaient été installés par le B.R.G.M. chargé de la surveillance initiale de la qualité des eaux souterraines. Ils ont été réutilisés par le C.E.M.A.G.R.E.F. pour le contrôle de la qualité des eaux de la nappe.

figure 9 : Analyses physicochimiques des eaux de la nappe

MOIS	PIEZOMETRE 1			PIEZOMETRE 2			PUITS		
	JUIN	JUIL.	AOUT	JUIN	JUIL.	AOUT	JUIN	JUIL.	AOUT
pH	7.1	6.8	7.0	7.0	6.8	7.0	7.45	7.2	7.5
Conductivité µmhos/cm	180	360	340	470	770	790	340	620	600
DCO mg/l	57	30	< 30	6.4	< 30	< 30	4.2	< 30	< 30
DBO 5 mg/l	3.2	4.3	4.6	1.6	1.2	1.4	1.3	1.3	0.8
MES mg/l	21.3	43	24	13	14	14	12.2	96	4
% minéral	69	73	52	59	68	50	55	73	13
N organique mgN/l	0.7	-	0.87	0.12	-	0.38	0.45	-	0.51
NH ₄ ⁺ mgN/l	0.06	-	0.95	?	-	0.02	?	-	0.05
NO ₂ ⁻ mgN/l	ND	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
NO ₃ ⁻ mgN/l	2.14	< 0.09	< 0.09	29.26	18.40	21.79	7.69	7.86	7.40
N Kjeldahl mgN/l	0.76	1.64	1.82	-	0.35	0.4	-	0.56	0.56
Ortho PO ₄ mgP/l	0.31	0.47	0.07	ND	< 0.02	0.07	0.13	0.10	0.17
P total mgP/l	0.54	0.99	1.13	ND	0.13	0.26	0.22	0.32	0.52
Détergents anion mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

ND: non détecté

Le piézomètre P1 est situé à coté de la station de prétraitement en bordure de la Mouliasse.

Le piézomètre P2 se trouve sur la parcelle d'épandage.

Un puits , non utilisé depuis plusieurs années et se trouvant à 300 m du site d'épandage devait servir de point de référence.

Les analyses ont été effectuées aux mêmes moments que les prélèvements de 24 heures sur les eaux d'arrivée.

Résultats (figure 9)

Les eaux de la nappe sont moins chargées par rapport à l'effluent brut notamment en ce qui concerne la DCO.

Les teneurs dans les formes azotées organiques, ammoniacales ou nitreuses sont pratiquement nulles. Les phénomènes de dégradation par le sol (minéralisation, ammonification et nitrification) se font sans problèmes.

D'autre part, les teneurs en nitrates ne sont pas négligeables surtout pour le piézomètre P2: l'absence de conditions favorables à la dénitrification (notamment d'une zone anaérobie) entraîne l'accumulation des nitrates, phénomène fréquent en cas d'apport important d'azote sur un site agricole. Ces fortes teneurs ne se retrouvent pas au niveau du piézomètre P1 ce qui permet d'écarter une contamination liée à l'épandage.

3.3. - Etudes fourragères

3.3.1. - Généralités

Valorisation de l'effluent par spéculation agricole

Le but principal de l'épandage est l'épuration des eaux usées. Mais dans tous les cas, il est recommandé d'y associer une couverture végétale productive (culture, pâture) ou non productive (forêts, espaces verts).

Les végétaux sont un des constituants actifs du sol système épurateur dans lequel ils jouent plusieurs rôles (figure

Ils prélèvent et exportent l'eau, l'azote minéral et les minéraux (tels que le phosphore, le potassium, le calcium, le magnésium, ...). Ces prélèvements doivent être maximisés car ils sont une des composantes du rendement final de l'épuration. De plus, ils empêchent l'entraînement en profondeur des éléments minéraux apportés (nitrates par exemple).

Ils limitent les risques d'érosion et de ruissellement et maintiennent la structure du sol notamment par l'action de leurs racines.

Ils entretiennent le pouvoir épurateur du système par leur action favorable sur l'aération du sol et en servant de support à la flore microbienne.

Enfin ils valorisent l'épuration lorsqu'il s'agit d'une "spéculation rentable".

La production végétale doit être exportée hors du terrain (fauche, ...) sinon les prélèvements effectués seront recyclés et le pouvoir épurateur du sol non régénéré.

Choix de l'espèce fourragère

Il est indispensable de bien connaître les caractéristiques des plantes notamment en ce qui concerne les seuils de tolérance vis à vis de l'effluent (qui peuvent fixer les limites d'apport à ne pas dépasser).

Le choix de l'espèce et de la variété sera déterminé par ses caractéristiques agronomiques, la nature des besoins alimentaires du troupeau et la valeur fourragère de la plante, le mode d'exploitation ...

La couverture végétale doit être aussi adaptée aux

caractéristiques de l'effluent notamment vis à vis des excès d'eau, d'azote, de salinité ou de micropolluants. Enfin, l'utilisation de plantes à période végétative suffisamment longue est préférable pour la régénération du pouvoir épurateur du sol.

L'azote, élément indispensable aux plantes

L'azote, facteur nutritif et constituant des protéines, est l'élément plastique nécessaire à la croissance (figure 10)

Les plantes doivent s'alimenter à partir de l'azote existant dans le sol, produit par décomposition de la matière organique ou apporté par les engrais (ou un épandage). Cette azote se présente sous deux formes, nitrique et ammoniacale, la prédominance allant aux nitrates facilement absorbés par le système racinaire des plantes et stade ultime de la minéralisation des matières organiques du sol. En conditions défavorables (hydromorphie, forte acidité, compacité, ...), l'azote ammoniacal est utilisé, l'évolution biologique de l'azote organique étant bloquée à ce stade intermédiaire.

L'azote est un facteur essentiel de rendement et de qualité pour une prairie:

Il enrichit l'herbe en protéines.

Il améliore le fonctionnement d'ensemble du végétal en particulier l'efficacité de la photosynthèse.

Il prolonge les périodes de végétation en favorisant de façon spécifique la croissance des parties aériennes.

Il constitue un moyen efficace d'amélioration de la flore et d'intervention dans la compétition interspécifique.

La qualité du fourrage est liée à l'interaction eau-azote. L'effet de l'apport d'eau dépend de l'apport d'azote: de faibles doses d'azote liées à une disponibilité accrue de l'eau entraînent une meilleure métabolisation et un accroissement de l'azote protéique aux dépens de l'azote nitrique.

Les nitrates sont des éléments dangereux pour les animaux qui consommeront l'herbe. Les risques apparaissent pour des teneurs de 0.3 à 0.5 % de matière sèche. Ils peuvent provoquer des accidents graves voire mortels.

L'apparition de nitrates dans les plantes est lié au ralentissement de leur réduction par rapport à l'absorption. Les périodes de haut risque sont:

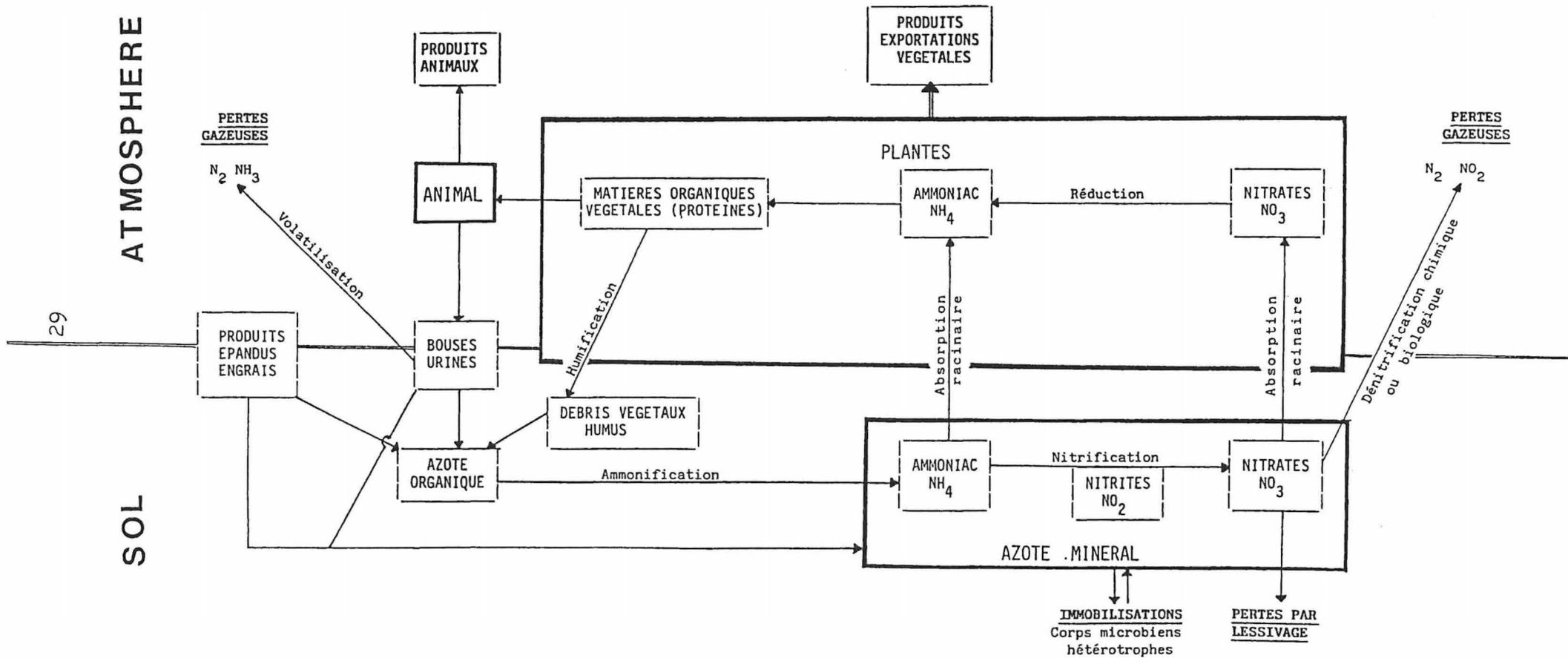


figure 10 : Cycle de l'azote

- Le départ de végétation au printemps.
- Les débuts de repousses végétatives.
- La fin de l'été quand les plantes absorbent brusquement tout l'azote non utilisé et celui fournit par le sol qui minéralise beaucoup à cette période. Conjointement l'énergie lumineuse n'est pas suffisante à cette époque et la plante ne peut réduire tous ces nitrates formés.

Les plantes prélèvent la plus grande partie de l'azote au cours de la croissance donc pendant une période assez courte variable selon les espèces et appelée période critique. Pendant cette période une liaison étroite s'établit entre une bonne alimentation azotée d'une part et le synchronisme fourniture d'azote par le sol - besoins de la plante d'autre part.

Phosphore et potassium

Le phosphore est présent dans les plantes sous forme minérale et organique. Par son rôle plastique et sa participation à certains processus fondamentaux, il influe sur la croissance et le développement des plantes. L'absorption racinaire du phosphore est toujours supérieure aux exigences de la plante qui présente des périodes critiques pendant lesquelles le phosphore est absorbé en quantité plus importante (en début de végétation par exemple).

Par convention les teneurs s'exprime en acide phosphorique P_2O_5 et non en phosphore élémentaire.

Le potassium n'est pas un élément plastique comme l'azote et le phosphore. C'est un facteur de croissance qui intervient dans de nombreux processus métaboliques mais aussi dans l'économie de l'eau (une insuffisance potassique peut accroître la consommation d'eau et diminuer la résistance à la sécheresse).

Comme pour le phosphore, la nutrition des plantes est limitée davantage par l'approvisionnement que par les possibilités d'absorption.

Enfin, le potassium améliore la qualité nutritive des fourrages en favorisant la transformation des nitrates en protéines végétales.

3.3.2. - Les moyens d'étude

Les prélèvements de fourrages ont été réalisés sur des lignes de coupe réparties en 5 zones dans le champ d'épandage (figure 3)

2 zones "témoin" de fétuque semées en 1982, non arrosées, comprennent chacune 4 lignes de coupe .

- Le "témoin haut" situé dans la partie haute de la parcelle d'épandage ne reçoit ni effluent, ni épandage de quelque sorte.

- Le "témoin bas" à l'opposé, reçoit des embruns et/ou des épandages accidentels (notamment par ruissellement).

2 zones "fétuque 82" semées fin septembre 1982 et arrosées, comprennent chacune 6 lignes de coupe.

1 zone "fétuque 83", parcelle de 64 m² environ, remaniée et semée en novembre 1983 à raison de 12,5 kg/ha. Cette zone comprend 6 lignes de coupe (lignes 17 à 22).

Les coupes sont faites à la cisaille, à 3-5 cm au dessus du sol.

Une pesée en vert est réalisée sur le terrain à l'aide d'une balance à fléau (précision à 50 g.). Fétuque et adventices sont pesées séparément.

Les échantillons de nouveau pesés au C.E.M.A.G.R.E.F., sont placés à l'étuve de 80° dans des paniers métalliques pendant 24 heures.

Selon l'importance de la production en vert la détermination de la matière sèche se fait par lignes ou par échantillon d'une zone donnée.

Après 24 h. de séchage dans une étuve ventilée et pulsée, la teneur en matière sèche (en %) est déterminée.

De plus pour chaque zone, un échantillon est prélevé et destiné à l'I.N.R.A. pour des analyses fourragères: la fétuque est coupée en brins courts et les échantillons des zones témoins sont lavés à l'eau distillée afin d'éliminer tout dépôt de surface pouvant provenir de l'épandage par aspersion.

3.3.3. - Inventaire floristique

3.3.3.1. - La fétuque (figure 11)

Description et biologie

La fétuque élevée (Festuca arundinacea Schreb.) est une graminée perenne à durée de vie longue (de l'ordre de 10 ans).

Elle est très résistante à la sécheresse, à la submersion et dans une certaine mesure à la salure du sol, et répond bien à la présence d'azote.

Pendant son implantation la fétuque est très peu compétitive vis à vis des adventices. Mais une fois implantée elle devient très compétitive et sa faculté de drageonner lui permet d'envahir le terrain et d'assurer une bonne couverture et une bonne tenue du sol. Par ses possibilités de tallage elle peut ainsi s'adapter à des milieux difficiles.

Ses principaux points faibles sont une installation lente liée à une difficulté d'implantation et un durcissement rapide des tiges et des feuilles en vieillissant (diminution rapide de la valeur alimentaire à partir de l'épiaison imposant une consommation jeune).

La variété "Manade" choisie pour l'expérimentation est une variété très précoce à l'épiaison, à feuillage rigide. Son bon rendement est bien réparti que ce soit l'année du semis ou les années suivantes.

Le semis doit s'effectuer au printemps ou en fin d'été, de préférence en ligne dans un sol bien préparé (à cause de l'implantation difficile). En général, il faut éviter de semer après le 15 septembre pour éviter une montaison retardée et faible au printemps suivant. La fétuque élevée "Manade" est une variété assez alternative: elle peut donc monter à graine l'année même du semis de printemps (d'après Soltner 85% des plantes peuvent épier l'année du semis).

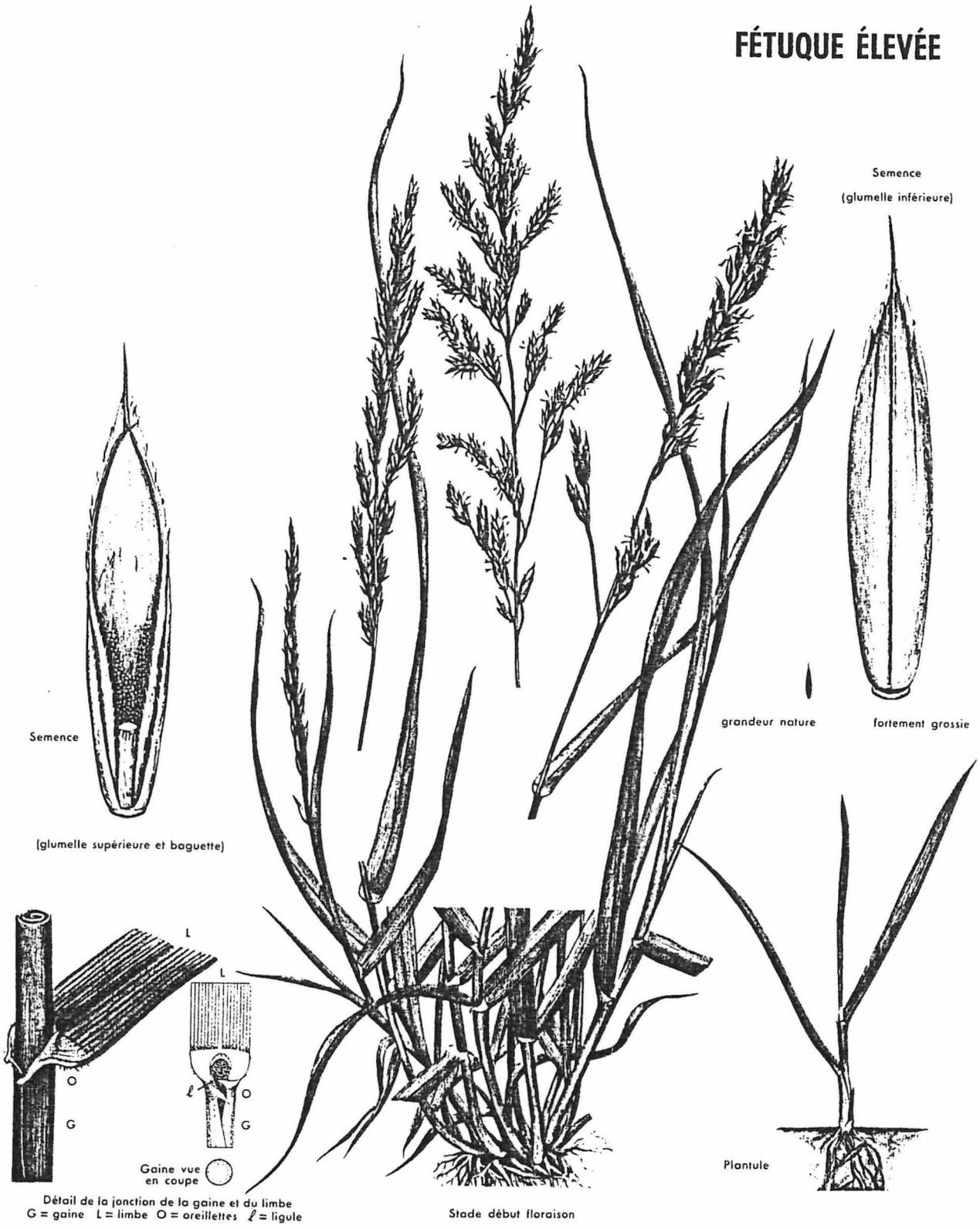
Les deux cycles de végétation de la fétuque, graminée prairiale

Comme toutes les graminées vivaces, la fétuque élevée a plusieurs cycles de végétation (figure 12):

Le premier cycle va de la germination de la semence à la maturation des graines. Il est caractérisé par la phase végétative d'installation de la plante suivie de la phase reproductrice.

figure 11 : Fétuque élevée (*Festuca arundinacea* Schreb.)

FÉTUQUE ÉLEVÉE



Semence
(glumelle inférieure)

Semence

(glumelle supérieure et baguette)

grandeur nature

fortement grossie

Plantule

Stade début floraison

Gaine vue en coupe

Détail de la jonction de la gaine et du limbe
G = gaine L = limbe O = oreillettes ℓ = ligule

Le deuxième cycle, et les suivants sont des reprises de végétation (repousses) qui démarrent à partir des réserves accumulées dans les parties de la plante restées vivantes.

Si la repousse suit un premier cycle complet (exploitation tardive du premier cycle ou exploitation pour la graine), le second cycle est dit naturel. La repousse dépend alors du niveau des réserves mobilisables dans toute ou partie de la plante, de l'activité et du renouvellement du système racinaire, de la température et des ressources en eau.

Si la repousse suit une coupe précoce avant épiaison le second cycle est dit artificiel. Comme dans un cycle normal mais de façon plus aigüe, la vitesse et l'importance de la repousse vont dépendre du niveau des réserves mobilisables détenues dans les organes ayant échappé au prélèvement, de l'activité photosynthétique des parties vertes restantes, du sol (eau, éléments fertilisants).

3.3.3.2. - Les adventices (figure 13)

Les adventices ont été déterminées par une analyse globale au niveau de la parcelle d'épandage mais aussi au moment des coupes (les pesées en vert de la fétuque et de ces plantes étant réalisées séparément).

Il est possible de faire la différence entre les espèces assez fréquentes (dont l'abondance est décelable par simple observation) et les espèces sporadiques présentes çà et là sur le terrain.

Description des adventices

- Espèces à grande répartition dans l'aire d'épandage
(figure 13)

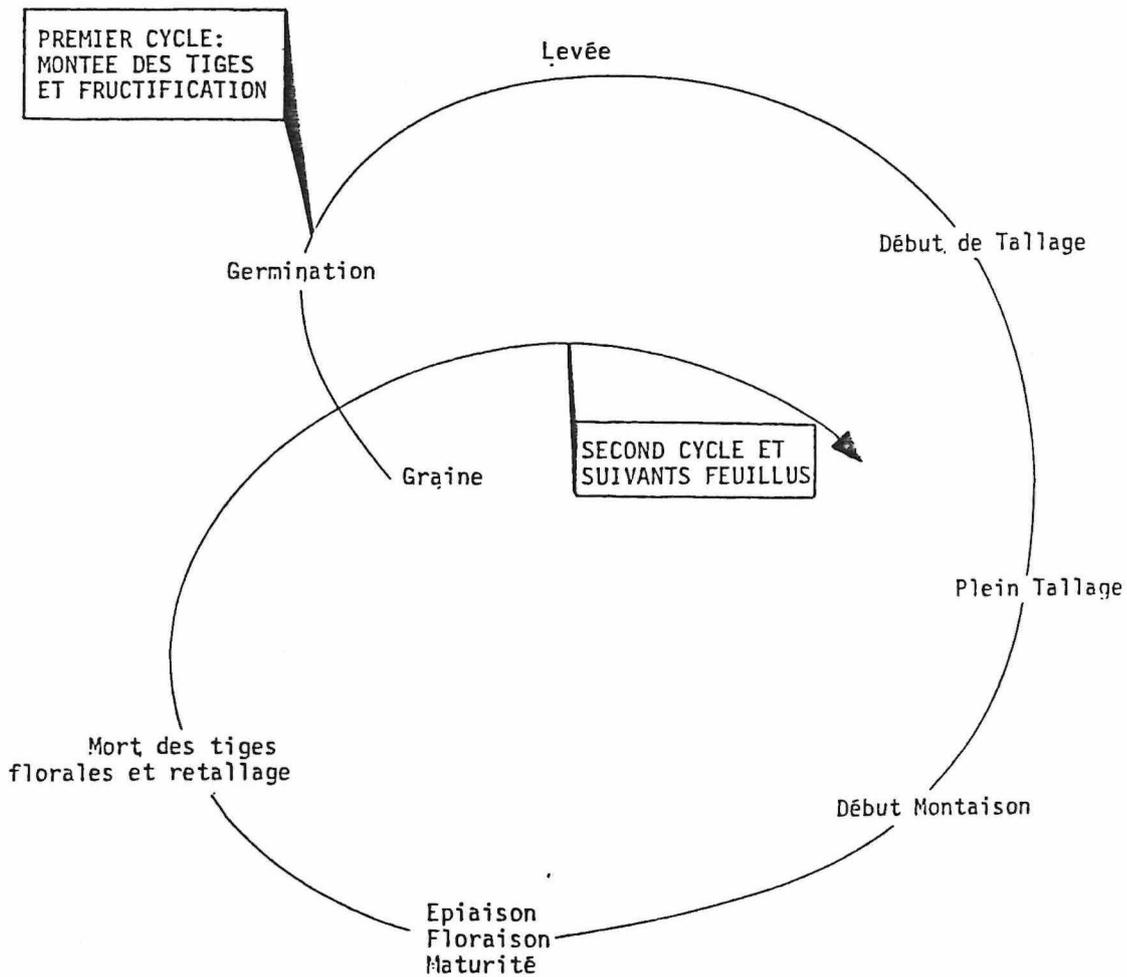
Amarantus retroflexus L.

Amarante réfléchie

AMARANTACEES

Plante annuelle des décombres et des cultures (floraison de juillet à octobre).

figure 12 : Cycles d'une graminée prairiale



L'année suivant le semis, le premier cycle débute par un retallage et non par la germination d'une graine.

figure 13 : Principales adventices de la parcelle d'épandage



Amaranthus retroflexus L.

(Amaranthe réfléchie)

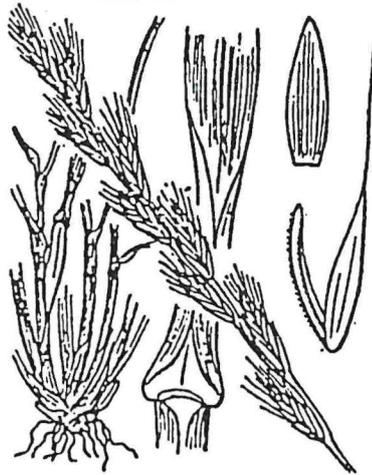
AMARANTACEES



Chenopodium album L.

(Chenopode blanc)

SALSOLACEES



Lolium italicum A. Br.

(Ray grass d'Italie)

GRAMINEES



Rumex crispus L.

(Rumex crépu)

POLYGONACEES



Rumex obtusifolius D.C.

(Rumex à feuilles obtuses)



Urtica dioica L.

(Grande ortie)

Chenopodium album L.

Chénopode blanc

SALSOLACEES

Plante annuelle à développement important (floraison de juin à octobre).

Cette espèce est présente sur tous les types de sols cultivés et dans les zones incultes. Elle a une forte prédilection pour les sols riches en azote.

Lolium italicum A.Braun.Ivraie d'Italie
Ray-grass d'ItalieGRAMINEES

Plante bisannuelle ou pluriannuelle de 30 cm. à 1 m. présente dans les prairies et les champs cultivés (floraison de mai à octobre).

Rumex crispus L.

Rumex crépu

POLYGONACEES

Plante vivace (Coste 1937) à racines charnues se bouturant aisément. La tige durcit vite et peut rendre le fauchage difficile (floraison de juillet à septembre).

Présente dans les prés, chemins et champs, elle a une prédilection pour les sols frais et riches en azote.

Rumex obtusifolius D.C.

Rumex à feuilles obtuses

POLYGONACEES

Plante vivace (Coste 1937) par éclatement ou segmentation de la racine charnue et formation de drageons (floraison de juin à septembre).

C'est une espèce nitrophile, liée aux assolements fourragers et préférant les sols frais et bien drainés, très enrichis en matières organiques minéralisant facilement.

D'une manière générale les rumex peuvent avoir un fort développement jusqu'à 1 m. de hauteur.

Urtica dioica L.Ortie dioïque
Grande ortieURTICACEES

Plante vivace très commune, à rhizome (floraison de juin à septembre), présente dans les zones fraîches, bien fumées et exploitées en pâturage.

- Espèces à présence limitée**Capsella bursa-pastoris Moench.**Capselle bourse à pasteur CRUCIFERES

Plante annuelle présente dans tous les types de sols (floraison de mars à décembre).

Cirsium arvense Scop.Cirse des champs COMPOSEES
Chardon des champs

Plante vivace à rhizome, se développant dans les champs, les lieux incultes et toutes les pâtures insuffisamment exploitées, sur sols frais et compacts (floraison de juillet à septembre).

Festuca pratensis Huds.Fétuque des prés GRAMINEES

Plante vivace présente dans les prés et les pâturages, les endroits incultes (floraison de mai à juillet).

Geranium colobinum L.Géranium colombin GERANIACEES

Plante annuelle des champs et des bois, peu nuisible (floraison de mai à aout).

Holcus lanatus L.Houque laineuse GRAMINEES

Plante vivace des prés, chemins et bois (floraison de mai à aout)

Poa trivialis L.Paturin commun GRAMINEES

Plante vivace, nitrophile, préférant les sols frais plus ou moins argileux, les prairies et les lieux humides (floraison de avril à juillet).



FETUQUE ELEVEE (FESTUCA ARUNDINACEA SCHREB.)



ADVENTICES DE LA PARCELLE D'EPANDAGE

figure 14 : Production en vert et teneur en matière sèche

ZONES	A TEMOIN HAUT			B FETUQUE 82			C FETUQUE 82			D FETUQUE 83			E TEMOIN BAS *		
	JUIN	JUILLET	AOUT	JUIN	JUILLET	AOUT	JUIN	JUILLET	AOUT	JUIN	JUILLET	AOUT	JUIN	JUILLET	AOUT
PRODUCTION TOTALE (PT) en kg par zones par lignes	1.15	1.05	0.172	12.0	5.9	12.7	16.3	6.9	14.25	12.35	12.55	20.2	2.2	4.2	1.5
	0.3	0.35	0.043	2.0	1.0	2.1	2.7	1.1	2.4	2.0	2.1	3.4	0.55	1.05	0.37
PRODUCTION FETUQUE en kg par zones en % de PT	1.15	1.05	0.172	8.75	4.5	9.9	14.0	5.8	11.3	4.1	4.9	9.65	2.2	4.2	1.5
				73	76	78	86	84	79	33	39	48			
PRODUCTION ADVENTICES en kg par zones en % de PT	0	0	0	3.25	1.4	2.85	2.3	1.1	2.95	8.25	7.65	10.55	0	0	0
				27	24	22	14	16	21	67	51	52			
MATIERE SECHE en % de matiere brute	31.4	47.5	28.8	21.7	21.7	17.2	18.9	20.4	14.8	15	18.4	12.9	26.4	39	29.5

* Evolution de la zone C "Témoïn bas":

Cette évolution a été différente de celle de l'autre zone témoin.

En effet, il semble qu'après la première coupe (juin), une partie de cette zone (deux lignes sur quatre) ait reçu des épandages accidentels.

On a pu observer alors des productions bien différentes:

- Dans la partie restée témoin 700 g et 350 g respectivement à la coupe de juillet et de août.
- Dans la partie arrosée fortuitement 3500 g et 1150g pour les mêmes coupes.

La fétuque arrosée accidentellement avait un développement végétatif plus important et une couleur verte plus soutenue.

Evolution de la flore des adventices

Les adventices ne sont présentes que sur la parcelle arrosée. Elles sont totalement absentes de la zone "témoin haut" et à quelques exceptions près (très localisées) de la zone "témoin bas".

Sur la zone d'épandage, ce sont les orties (Urtica dioïca L.) et les rumex (Rumex crispus L. et Rumex obtusifolius D.C.) qui dominent et envahissent le terrain.

Certaines espèces ne sont apparues qu'après la première coupe (mi-juin). C'est le cas de Amarantus retroflexus L. et Chenopodium album L. qui se sont surtout développées dans la zone "fétuque 83"

La plupart de ces espèces ont un fort développement végétatif pouvant atteindre 1 m. ou même plus (certaines Amarantes de la zone "fétuque 83" atteignent 1.60 m.) et sont pour la plupart très sensibles à la présence d'azote.

3.3.4. - Résultats

Trois coupes ont été réalisées pendant cette étude:

La première coupe est intervenue assez tardivement (juin) après le stade floraison.

Les deux coupes suivantes (juillet, août) sont des repousses de 5 semaines, délai maximum pour éviter une diminution de l'appétence liée au durcissement des tiges et des feuilles.

Production en vert (figure 14)

L'influence de l'épandage sur le développement de la fétuque est très nette, visible par simple observation:

Les adventices prolifèrent sur la parcelle arrosée et sont absentes des zones témoins.

En présence d'arrosage, les plantes ont un développement végétatif plus important, encore plus marqué au niveau des repousses.

Enfin les parties aériennes des témoins ont un aspect plus clair (et sec en période non pluvieuse) que celles des zones arrosées.

Au niveau de la production totale, la fétuque arrosée est beaucoup plus productive que les témoins quelle que soit la coupe. Pour la deuxième repousse, la différence est encore plus importante: les zones arrosées ont une production au moins 50 fois supérieure au témoin, la production d'aout du témoin étant 6 à 7 fois plus faible que celle des coupes précédentes.

La production d'adventices des zones arrosées varie selon la date du semis.

Pour le semis de 1982, la fétuque occupe une place importante dans la production totale (entre 73 et 86 %), contre 15 à 27 % aux adventices. Entre ces deux zones, la flore des adventices est variable: Dicotylédones majoritaires (Rumex, Orties) dans la zone C entre les deux rails de déplacement de la rampe et Graminées dans la zone B.

Pour le semis de 1983, les adventices sont beaucoup mieux implantées (plus de 50 % de la production totale). Le semis tardif (novembre) et l'implantation lente de la fétuque élevée sont sans doute à l'origine de cette prolifération. Néanmoins cette prédominance des adventices s'atténue sensiblement avec les coupes: la fétuque élevée qui ne représentait que un tiers de la production de juin, représente la moitié de celle de seconde repousse (aout).

Teneur en matière sèche (figure 14)

Le taux de matière sèche varie, en général, en fonction de la composition morphologique et de la vitesse de croissance.

Comme pour la production en vert, l'évolution de la matière sèche reflète le rôle de l'épandage sur le développement des plantes: les teneurs sont plus élevées pour les zones témoins par rapport aux zones arrosées d'une part, et pour les plantes semées en 1982 par rapport au semis de 1983 d'autre part. L'épandage, comme toute fertilisation azotée classique, enrichit la plante en eau (voir 3.3.1.).

Si la présence d'eau en quantité plus importante est avantageuse pour la croissance et la qualité du fourrage, elle peut nuire à sa conservation et par conséquent à sa consommation par les animaux.



PARCELLE D'EPANDAGE: ZONE TEMOIN ET ZONE ARROSEE

figure 15 : Analyses fourragères

		Témoin haut		Fétuque 82 (1)		Fétuque 82 (2)		Fétuque 83		Témoin bas		
		MS	MB	MS	MB	MS	MB	MS	MB	MS	MB	
J U I N	MATIERE SECHE.	GZG MB	29,65		20,31		18,16		14,41		23,06	
	HUMIDITE RESIDUELLE 103 C	GZG	1,34		1,72		1,61		1,66		1,83	
	MATIERE ORGANIQUE BRUTE	GZG	92,65	27,47	94,00	18,90	91,73	16,66	87,31	12,58	93,62	21,59
	CENDRES BRUTES	GZG	7,35	2,18	6,97	1,41	8,28	1,50	12,69	1,83	6,38	1,47
	MATIERE AZOTEE TOTALE (N X 6,25)	GZG	7,05	2,09	14,26	2,89	16,38	2,97	18,75	2,70	10,11	2,33
	AZOTE NITRIQUE SOLUBLE E.S.	G NZG	0,013	0,004	0,051	0,010	0,183	0,030	0,504	0,072	0,020	0,005
	CELLULOSE BRUTE WEENDE	GZG	29,24	8,67	31,07	6,31	31,70	5,76	31,35	4,52	31,09	7,17
	PHOSPHORE TOTAL	GZG	0,153	0,045	0,334	0,068	0,396	0,072	0,448	0,064	0,241	0,055
	CALCIUM TOTAL	GZG	0,41	0,12	0,404	0,080	0,53	0,09	0,614	0,088	0,408	0,094
	MAGNESIUM TOTAL	GZG	0,13	0,037	0,106	0,02	0,117	0,02	0,187	0,027	0,143	0,042
	POTASSIUM TOTAL	GZG	1,69	0,5	1,73	0,35	2,24	0,4	3,81	0,549	1,78	0,41
	SODIUM TOTAL	GZG	0,03	0,009	0,71	0,14	0,72	0,13	0,53	0,076	0,108	0,025
	CUIVRE TOTAL	MG/KG	3,16	0,9	10,64	2,16	12,76	2,32	12,50	1,8	4,3	0,99
	FER TOTAL	MG/KG	54,74	16,23	130,87	26,60	123,40	22,41	338,50	48,78	50,55	11,65
MANGANÈSE TOTAL	MG/KG	56,84	16,85	54,26	11,02	70,21	12,75	45,80	6,60	114	26,29	
ZINC TOTAL	MG/KG	50,52	14,98	28,73	5,83	28,72	5,21	34,37	4,95	31,19	7,19	
J U I L L E T	MATIERE SECHE.	GZG MB	47,6		20,3		21,9		18,3		39,0	
	HUMIDITE RESIDUELLE 103 C	GZG	1,07		3,62		1,59		1,00		2,10	
	MATIERE ORGANIQUE BRUTE	GZG	91,55	43,54	90,14	18,29	91,04	19,92	87,95	16,06	93,16	36,30
	CENDRES BRUTES	GZG	8,45	4,02	9,86	2,00	8,96	1,96	12,05	2,20	6,84	2,66
	MATIERE AZOTEE TOTALE (N X 6,25)	GZG	7,0	3,3	19,5	4,0	18,4	4,0	20,1	3,7	10,8	4,2
	AZOTE NITRIQUE SOLUBLE E.S.	G NZG	0,018	0,008	0,191	0,039	0,090	0,020	0,338	0,062	0,034	0,013
	CELLULOSE BRUTE WEENDE	GZG	31,8	15,1	26,6	5,4	27,8	6,1	27,4	5,0	31,5	12,3
	PHOSPHORE TOTAL	GZG	0,135	0,064	0,425	0,086	0,373	0,082	0,438	0,080	0,234	0,091
	CALCIUM TOTAL	GZG	0,52	0,25	0,65	0,13	0,60	0,13	0,69	0,13	0,49	0,19
	MAGNESIUM TOTAL	GZG	0,19	0,09	0,16	0,03	0,14	0,03	0,26	0,05	0,25	0,10
	POTASSIUM TOTAL	GZG	1,42	0,67	2,59	0,53	2,39	0,52	3,68	0,67	1,48	0,58
	SODIUM TOTAL	GZG	0,03	0,01	0,70	0,14	0,67	0,15	0,49	0,09	0,47	0,18
	CUIVRE TOTAL	MG/KG	2	1	13	3	9	2	11	2	6	2
	FER TOTAL	MG/KG	253	120	161	33	184	29	177	32	146	57
MANGANÈSE TOTAL	MG/KG	95	45	82	17	63	14	49	9	144	56	
ZINC TOTAL	MG/KG	86	41	52	11	53	12	43	8	69	27	
A O U T	MATIERE SECHE.	GZG MB	28,8		14,3		16,7		12,7		29,5	
	HUMIDITE RESIDUELLE 103 C	GZG	2,25		1,51		1,49		1,51		1,20	
	MATIERE ORGANIQUE BRUTE	GZG	91,65	26,41	88,86	12,72	89,68	14,99	86,27	10,98	93,24	27,47
	CENDRES BRUTES	GZG	8,35	2,41	11,14	1,60	10,32	1,73	13,73	1,75	6,76	1,79
	MATIERE AZOTEE TOTALE (N X 6,25)	GZG	11,1	3,2	19,3	2,8	17,7	3,0	23,3	3,0	14,4	4,2
	CELLULOSE BRUTE WEENDE	GZG	30,6	8,8	28,9	4,1	29,4	4,9	28,1	3,6	30,2	9,9
	AZOTE NITRIQUE SOLUBLE E.S.	G NZG	0,010	0,005	0,264	0,038	0,152	0,025	0,836	0,106	0,076	0,022
	PHOSPHORE TOTAL	GZG	0,208	0,060	0,428	0,061	0,382	0,064	0,503	0,064	0,236	0,070
	CALCIUM TOTAL	GZG	0,61	0,10	0,57	0,08	0,51	0,08	0,61	0,08	0,51	0,15
	MAGNESIUM TOTAL	GZG	0,23	0,07	0,17	0,02	0,14	0,02	0,26	0,03	0,24	0,07
	POTASSIUM TOTAL	GZG	1,70	0,49	3,20	0,46	3,04	0,51	4,17	0,58	1,64	0,48
	SODIUM TOTAL	GZG	0,04	0,01	0,91	0,13	0,84	0,14	0,65	0,08	0,39	0,12
	CUIVRE TOTAL	MG/KG	4	1	11	2	10	2	11	1	5	1
	FER TOTAL	MG/KG	232	67	115	16	94	16	124	16	151	44
MANGANÈSE TOTAL	MG/KG	130	38	55	8	41	7	49	6	153	45	
ZINC TOTAL	MG/KG	69	20	31	4	28	5	35	4	103	30	

coupe	zones	dMO	UFL	UFV	MAD	PDIN	PDIE
J U I N	T.H.	0.64	0.73	0.65	31.1	45.9	69.3
	F.82 (1)	0.64	0.74	0.66	97.0	91.7	97.9
	F.82 (2)	0.63	0.71	0.63	118.0	105.9	105.2
	F.83	0.63	0.66	0.58	143.8	121.4	111.2
	T.B.	0.63	0.72	0.63	59.6	65.9	82.0
J U I L L E T	T.H.	HL	HL	HL	29.2	45.2	64.8
	F.82 (1)	0.72	0.86	0.80	146.1	126.0	116.7
	F.82 (2)	0.71	0.84	0.78	135.5	118.8	112.7
	F.83	0.70	0.80	0.74	154.4	129.8	116.9
	T.B.	HL	HL	HL	63.9	69.7	82.2
A O U T	T.H.	(0.65)	(0.74)	(0.65)	67.3	71.7	83.0
	F.82 (1)	0.68	0.77	0.70	144.8	124.7	113.9
	F.82(2)	0.68	0.77	0.70	129.5	114.3	108.3
	F.83	0.68	0.75	0.68	184.7	150.5	126.2
	T.B.	0.67	0.79	0.72	97.4	93.0	97.5

figure 16 : Valeur fourragère

dMO: digestibilité de la matière organique

UFL unité fourragère lait (UFL) et viande (UFV) par kg de MS

MAD: matières azotées digestibles

PDIN protéines digestibles intestinales d'origine microbienne permises par l'azote (PDIN) et par l'énergie (PDIE) en g par kg de MS

Analyses fourragères (figure 15)

Pour les matières azotées, l'influence de l'épandage sur la composition chimique du fourrage est mis en évidence par des teneurs plus fortes pour les zones arrosées. Il y a cependant un problème pour les teneurs en nitrates: les risques de toxicité apparaissent entre 0.3 et 0.5 % de matière sèche. Ces seuils sont atteints pour les fourrages de la zone "fétuque 83" c'est à dire pour une herbe jeune. L'absorption des nitrates est alors supérieure aux possibilités de métabolisation par les plantes ce qui limite l'activité de la nitrate réductase et entraîne cette accumulation d'azote nitrique. Ce phénomène est atténué pour les zones semées en 1982, et il serait intéressant de suivre cette évolution dans le temps.

L'influence de l'épandage sur la composition minérale est variable: certains éléments sont présents en quantité plus importante dans les fourrages arrosés (phosphore, calcium, potassium...), d'autres sont très peu fixés dans ces plantes. D'une manière globale, les teneurs de ces éléments sont celles habituellement rencontrées dans des graminées fourragères.

Valeur fourragère (figure 16)

La valeur nutritive d'un fourrage est caractérisée par sa concentration en différents éléments nutritifs. Elle peut être estimée à partir de la digestibilité des principaux constituants, des valeurs énergétiques et azotées.

La digestibilité de la matière organique varie d'une coupe à l'autre, en étant légèrement plus élevée pour les repousses feuillues. Le retard d'exploitation de premier cycle, lié à l'augmentation des composés cellulosiques en sont en partie responsables.

La valeur énergétique (énergie nécessaire aux animaux pour l'entretien et les productions) est exprimée en unités fourragères. Elle ne semble pas affectée par l'épandage, les UF étant voisines quelle que soit la zone.

L'influence de l'épandage apparait par contre au niveau des matières azotées. Que ce soit dans le système MAD ou PDI, l'accroissement de la valeur azotée du fourrage s'observe au niveau des zones arrosées (2 à 4 fois supérieure selon les coupes) et la tendance est à une augmentation des matières azotées de juin à septembre.

Il faut noter que les fortes teneurs de cellulose des témoins n'ont pas toujours permis de déterminer la valeur énergétique et la digestibilité des fourrages, les valeurs étant en dehors des limites de calcul établies par l'I.N.R.A.

CONCLUSION

A la fin de cette étude, l'utilisation à des fins agricoles d'eaux usées domestiques semble être une solution intéressante pour remplacer un système d'assainissement classique (station d'épuration).

L'influence de l'épandage sur le développement des fourrages est apparue clairement au cours de l'expérimentation: cette action favorable se fait sentir aussi bien au niveau de la production qu'à celui de la composition des plantes fourragères. Néanmoins, il ne faut pas oublier l'aspect quantitatif notamment pour les seuils de tolérance de certains éléments par les animaux, destinataires ultimes des fourrages. C'est le cas des nitrates, présents à des teneurs élevées dans les plantes et proches des seuils de toxicité (pour les semis de l'année).

Les recherches à venir devront tenir compte de toutes les composantes du complexe épurateur formé par le système sol+plante:

- Etude des apports de l'effluent en éléments fertilisants.

- Etude du fourrage pour déterminer les exportations réalisées en quantité et en qualité, les formes d'utilisation par les animaux et la valeur alimentaire.

- Etude des pertes du système notamment par ruissellement.

- Etude de la qualité des eaux sur le plan microbiologique avant et après épandage.

- Etude des risques sanitaires encourus par les animaux lors de la consommation des fourrages vis à vis des agents pathogènes mais aussi des éléments minéraux.

- Etude des pollutions secondaires pouvant être dues aux éléments entraînés en profondeur.

Pour que cette nouvelle étude soit réalisable, le terrain expérimental de Landiras devrait être totalement réaménagé (drainage, élimination des adventices, entretien régulier de la parcelle...).

Il est essentiel de bien réaliser ces épandages en ne négligeant aucun aspect. Ces expérimentations ont pour but de prouver l'efficacité de l'épandage auprès des futurs utilisateurs mais aussi d'en fixer ses propres contraintes.

L'aéroaspersion ne semble pas poser de problèmes majeurs dans son utilisation et dans ses bons résultats du point de vue épuration et agronomique, mais impose encore certaines limites d'ordre sanitaire, qu'il reste à déterminer.

BIBLIOGRAPHIE

- ASSOCIATION DE COORDINATION TECHNIQUE ET AGRICOLE.- Mauvaises herbes des grandes cultures.- Paris (A.C.T.A.), 1981 : 80 p.
- ASSOCIATION DE COORDINATION TECHNIQUE ET AGRICOLE.- Mauvaises herbes des grandes cultures (complément).- Paris (A.C.T.A.), 1983 : 164 p.
- AGENCE DE BASSIN RHONE-MEDITERRANEE-CORSE.- Possibilités d'épandage des eaux usées urbaines. Etude bibliographique.- I.N.R.A./S.C.P.A.R.P., 1979 : 371 p.
- AGENCE DE BASSIN SEINE-NORMANDIE.- L'épandage des eaux résiduaires sur terrain agricole.- Cahiers techniques, Avril 1978, (8): 64 p.
- AGENCE DE BASSIN SEINE-NORMANDIE.- Les bassins de la Seine et des cours d'eaux normands.- tome 2 : Besoins et utilisations d'eau. Pollution.- fascicule 5 : Hydraulique agricole.- A.F.B.S.N., 1980 : 117 p.
- ANDRIAMITANTSOA (L.D.).- Etudes sur une épuration des eaux usées domestiques par épandage par aspersion.- Bordeaux (C.E.M.A.G.R.E.F.)/Strasbourg (E.N.I.T.R.T.S.), Juin 1984: 200 p., Mémoire de 3ème année.
- BOUTIN (P.), BOUDOT (J.), ETIENNE (M.).- Charge microbienne des effluents urbains bruts et traités par voie biologique.- Techniques et sciences municipales, 1979, (2): 63-78.
- CAPUTA (J.).- Les plantes fourragères.- Paris (La maison rustique), 3ème ed., 1967 : 205 p.
- CATROUX (G.), GERMOND (J.C.), GRAFFIN (Ph.).- L'utilisation du sol comme système épurateur.- Annales agronomiques, 1974, 25 (2-3) : 179-193.
- C.E.M.A.G.R.E.F.- Problèmes sanitaires résultant de l'utilisation agricole des eaux et des boues résiduaires.- Bordeaux (C.E.M.A.G.R.E.F.), Section Qualité des eaux, Juin 1981, Etude n°2 : 93 p.

- CENTRE NATIONAL DE PROMOTION RURALE.- Phytotechnie. Etude des espèces cultivées.- Lempdes (C.N.P.R.), 1981?
 Les productions fourragères I : 109 p.
 Les productions fourragères II : 116 p.
- CENTRE NATIONAL DE PROMOTION RURALE.- Phytotechnie. Applications et observations dirigées. Etude des espèces cultivées.- Lempdes (C.N.P.R.), 1981? : 140 p.
- CIRCULAIRE du 10 Juin 1976 relative à l'assainissement des agglomérations et à la protection sanitaire des milieux récepteurs (J.O.N.C. du 21 Aout 1976).- Code permanent environnement et nuisances, ? : 17 p.
- CIRCULAIRE du 4 Novembre 1980 relative aux conditions de détermination de la qualité minimale d'un rejet d'effluent urbain (J.O.N.C. du 29 Novembre 1980) .- Code permanent environnement et nuisances, 15 Décembre 1983 : 7 p.
- COSTE (H.).- Flore descriptive et illustrée de la France, de la Corse et des contrées limitrophes.- Paris (librairie des Sciences et des Arts), 1937, 3 vol.:
 Tome I : 416 p.
 Tome II : 627 p.
 Tome III : 807 p.
- DEMARQUILLY (C.).- Tableaux de la valeur alimentaire des fourrages.- Paris (I.N.R.A.), 1970, Etude n°42 : 64 p.
- DURAND (J.H.).- Les sols irrigables.- Paris (P.U.F.), 1983 : 339 p.
- DUTHIL (J.).- La production fourragère.- Paris (Bailliere et fils), 1967 : 373 p.
- DUTIL (P.).- Azote.- Techniques agricoles, tome 1, 1^{ère} partie: Climat et sol.- Paris (Editions techniques), 1981, (1230) : 11 p.
- FAUCHER (V.).- Utilisation des eaux usées par l'irrigation en forêt méditerranéenne.- Aix en Provence (C.E.M.A.G.R.E.F.)/ Dijon (E.N.I.T.A.), Septembre 1983 : 217 p., Mémoire de 3^{ème} année.

- GILLET (M.).- Les graminées fourragères: description, fonctionnement, applications à la culture de l'herbe.- Paris (Gauthiers-villars), 1980 : 306 p.
Coll. " Nature et agriculture"
- HENIN (S.), GRAS (R.), MONNIER (G.).- Le profil cultural : l'état physique du sol et ses conséquences agronomiques .- Paris (Masson et Cie Editeurs), 1969 : 332 p.
- INSTITUT TECHNIQUE DES CEREALES ET FOURRAGES.- Journées d'information sur la production, la récolte et l'utilisation des fourrages et des céréales et leur transformation en viande de boeuf. Recueil des exposés.- Paris (I.T.C.F.), 1967 : 501 p.
- LEMAIRE (G.), SALETTE (J.).- Relation entre dynamique de croissance et dynamique des prélèvements d'azote pour un peuplement de graminées fourragères.- Agronomie, 1984, 4 (5): 423-436
I. Etude de l'effet du milieu : 423-430
II. Etude de la variabilité entre génotype : 431-436
- MARESCA (B.).- L'épandage des eaux usées. Manuel de recommandations techniques.- Paris (La documentation française), 1979 : 176 p.
- MERIAUX (S.).- Principes de conduite de l'irrigation des plantes fourragères.- Fourrages, Juin 1977, 70 : 43-61.
- MOULE (C.).- Fourrages. Phytotechnie spéciale.- Paris (la maison rustique), 1980 : 302 p.
Coll. " Techniques d'avenir"
- OUNAIES (F.).- Revalorisation des eaux usées domestiques. Etude expérimentale d'un dispositif d'épandage par aspersion.- Bordeaux (C.E.M.A.G.R.E.F.)/Strasbourg (E.N.I.T.R.S.), Juin 1983 : 168 p., Mémoire de 3ème année.
- PERIGAUD (S.).- Possibilités d'utilisation des effluents d'eaux résiduaires pour l'irrigation des plantes fourragères.
Fourrages, 1977, 70 : 63-84.

- RODIER (J.).- L'analyse de l'eau : eaux naturelles , eaux résiduaires, eau de mer.- Paris (Dunod), 1975, tome 2 (5ème ed.): 364 p., 6ème partie: interprétation des résultats: 115-188.
- RUHARD (J.P.).- Surveillance de la qualité des eaux souterraines à Landiras.- Pessac (B.R.G.M.), Service géologique régional aquitaine, 1982 : 17 p.
- TROCME (S.).- Le phosphore.- Techniques agricoles, tome 1, 1ère partie: Climat et sol.- Paris (Editions techniques), 1980 (1240) : 9 p.
- TROCME (S.).- Le potassium.- Techniques agricoles, tome 1, 1ère partie: Climat et sol.- Paris (Editions techniques), 1980, (1250) : 8 p.
- VALIRON (F.).- La réutilisation des eaux usées.- Paris (TEC et DOC Lavoisier)/Orléans(B.R.G.M.), 1983 : 207 p.

ANNEXES

ANNEXE A : ETUDES ANTERIEURES**1. - ETUDE DU SOL****1.1. - Etudes pédologiques**

En 1982/83 cette étude a eu pour but de déterminer la succession des différents horizons de façon à connaître le comportement de l'eau à travers le sol.

1.1.1. - Profil pédologique

Des observations réalisées sur plusieurs fosses ont permis de dégager les données suivantes:

Les 20 à 30 premiers centimètres du profil sont en général de couleur brune à brun noir, à texture sableuse à argilosableuse. La cohésion est variable selon les points. L'enracinement se situe dans cet horizon avec quelques grosses racines pouvant atteindre 70 cm.

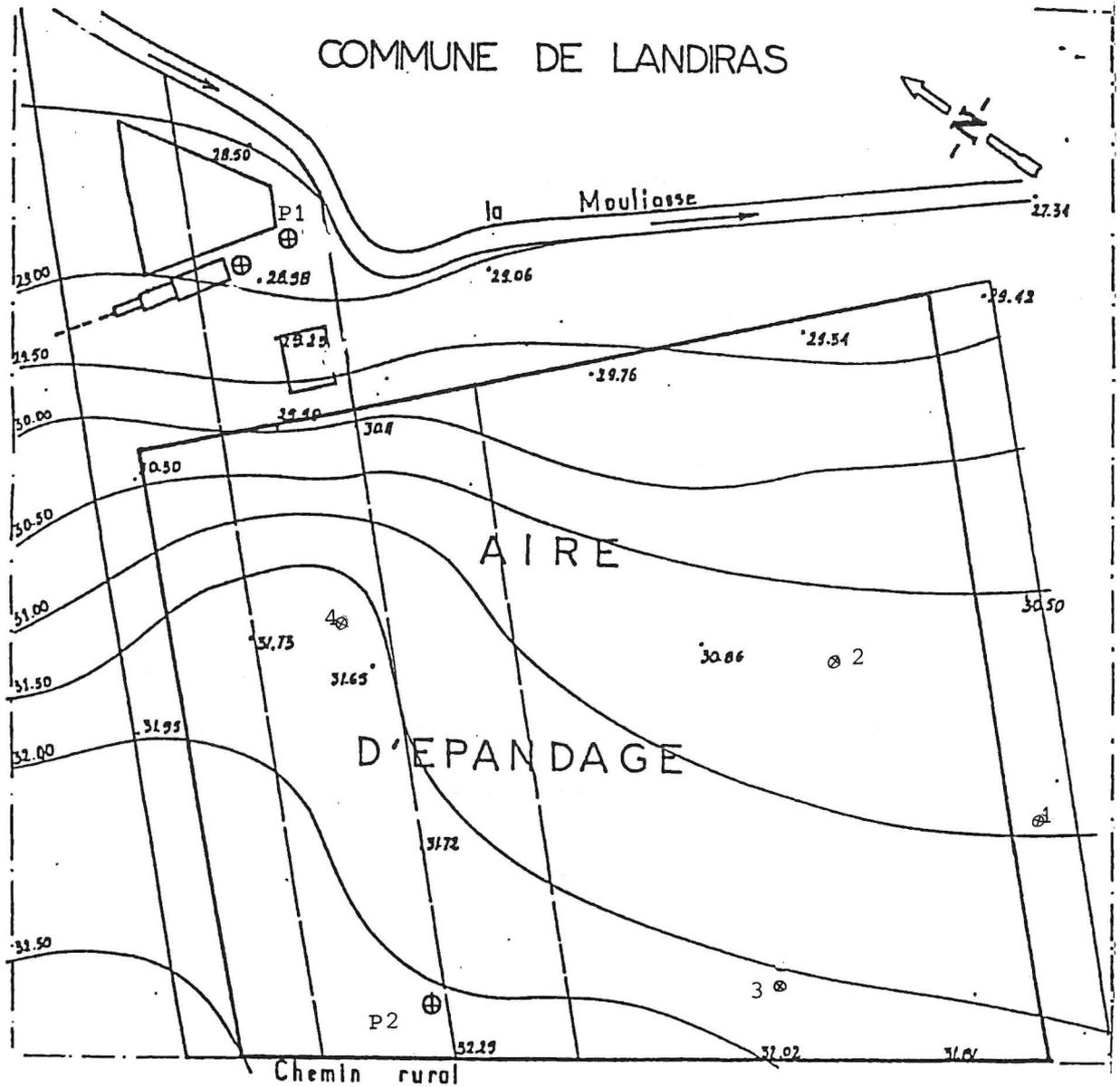
Avec la profondeur, la texture devient de plus en plus argilosableuse et la cohésion augmente.

La roche mère apparaît entre 40 cm. et 1 m. de profondeur selon les endroits. C'est un calcaire altéré et on note la présence de blocs de calcaire altéré à partir de 40 cm.

Du point de vue de la texture, le profil pédologique montre la diminution progressive de la teneur en sable et l'augmentation de celle d'argile du haut jusqu'au bas du profil.

La conjugaison des analyses granulométriques et de la conductivité hydraulique (par la méthode de Porchet à niveau variable) a permis d'établir une carte des perméabilités du terrain d'épandage.

figure I : Points expérimentaux des études antérieures



POINTS D'ETUDE DU SOL:

1. Zone témoin non arrosée
2. Zone remaniée et arrosée
3. Zone arrosée à pente faible
4. Zone arrosée à pente plus forte

PIEZOMETRES: P1
P2

(échelle 1/500)

1.1.2. - Humidité du sol

Des mesures régulières ont été effectuées avec une sonde à neutron CAMPBELL (de type 501A) sur deux sites de la parcelle d'épandage.

L'humidité varie peu dans le temps même en période pluvieuse (mesures en décembre 1982, janvier 1983 et février 1983)

Sur la partie sableuse, l'humidité varie entre 10 et 40 % et atteint son maximum à 95 cm. de profondeur.

Sur la partie argileuse, la valeur maximale de 43 % est atteinte à 35 cm. de profondeur. Les valeurs les plus faibles sont observées entre 65 et 75 cm. de profondeur.

On observe les taux d'humidité les plus bas à des niveaux sableux et les taux les plus élevés à des niveaux argileux, les taux intermédiaires correspondant à des niveaux d'argiles sableuses ou de sables argileux.

1.2. - Etude des problèmes liés au sol

L'étude de ces problèmes réalisée de novembre 1983 à avril 1984 a eu pour but principal de déterminer les risques d'apparition du phénomène de colmatage affectant la partie superficielle du sol (horizon supérieur de 0 à 40 cm.), conséquence la plus néfaste de l'épandage.

Le colmatage d'un sol soumis à l'épandage peut avoir une triple origine:

Le colmatage physique ou mécanique résulte du dépôt des matières en suspension de l'effluent dans les pores (en surface ou à faible profondeur), mécanisme lié aux caractéristiques du sol (texture, porosité, perméabilité).

Le colmatage biologique est du à l'encombrement des pores du sol par la flore bactérienne favorisée par la présence de matières organiques. Il peut être aussi lié à la présence de carbonate de calcium.

Le colmatage chimique, enfin, provient du dépôt de sels dissous dans les pores ou d'une altération de la structure du sol.

Pour ces études 4 prélèvements ont été choisis sur 4 zones distinctes (figure I)

1. zone témoin non arrosée
2. zone remaniée et arrosée
3. zone arrosée à pente faible
4. zone arrosée à pente plus forte (5 %) et à sol de consistance différente.

1.2.1. - Analyses granulométriques

Elles ont été réalisées par la méthode de sédimentométrie.

Dans l'ensemble, les textures sont sableuses avec des teneurs de limons variables.

Ces types de sol sont très perméables, bien aérés et se salent difficilement, les réserves en eau y sont faibles. Des facteurs extérieurs tels que les apports de charges polluantes ou le colmatage peuvent favoriser la rétention d'eau.

1.2.2. - Perméabilité Huntz

Elle permet de déterminer sur le terrain la vitesse d'infiltration de l'eau sous une charge constante de 3 cm.

L'incidence de l'épandage sur la perméabilité du sol a été nettement caractérisée par une capacité d'infiltration du sol témoin non arrosé bien supérieure (9 à 5.5 fois) à celle du sol arrosé.

De plus pour une même texture sableuse, la perméabilité de la zone arrosée est réduite d'environ 96 % par rapport au témoin.

L'effet du remaniement du sol a également été mis en évidence. La zone remaniée étant de loin plus perméable pour une même classe texturale que les zones arrosées non remaniées.

Entre les deux séries de mesures (décembre 1983 et avril 1984) l'évolution de l'état du sol présente une augmentation de la perméabilité (sauf pour la zone à très forte pente) liée probablement au lessivage du sol pendant la saison pluvieuse.

D'une manière générale l'effet de l'épandage est net, révélant une très faible capacité d'infiltration des zones arrosées; l'existence d'un colmatage superficiel semble confirmé sans que l'on puisse encore en déterminer la nature.

1.2.3. - Profil en matières organiques

Les teneurs en matières organiques des zones arrosées sont voisines, parfois plus faibles que celles du témoin.

Sur le sol témoin, non arrosé, la teneur en matières organiques diminue sur tout le profil, mettant en évidence l'effet du lessivage du sol par les eaux de pluies durant l'hiver. Ce phénomène se retrouve sur la parcelle d'épandage sauf pour la zone à plus forte pente qui présente une accumulation de matières organiques vers 5 cm. de profondeur. Cette zone, à plus faible perméabilité, reçoit notamment toutes les eaux de ruissellement qui véhiculent des quantités croissantes de charges organiques épandues.

Pour la zone à sol remanié, la teneur en matières organiques est la plus élevée. La dégradation par voie biologique y serait donc moins efficace ce qui est en contradiction avec l'augmentation de la porosité du sol à l'origine d'une meilleure aération et d'une activité microbienne plus intense.

D'une manière générale l'accumulation de matières organiques se situerait dans les tous premiers centimètres du profil.

1.2.4. - Effets des sels dissous dans l'effluent

Afin d'estimer les risques de salinisation et de sodisation, l'étude a été réalisée au niveau de l'effluent et au niveau du sol.

La conductivité électrique (en mmhos/cm) mesurée seule permet d'exprimer la teneur en sels solubles; Combinée au S.A.R. (Sodium Adsorption Ratio) elle donne une idée de la sodisation.

Etude au niveau de l'effluent

L'étude du diagramme de classification des eaux d'irrigation d'après les critères de sodisation et de salure a permis d'attribuer aux effluents une qualité médiocre à mauvaise.

Ces eaux ont une "forte salinité" (conductivité de 0.75 à 2.25 mmhos/cm) c'est à dire que le risque de salure est élevé pour les plantes et pour le sol.

D'autre part, le danger de sodisation y est moyen (S.A.R. de 4 à 9 pour le même intervalle de conductivité).

Etude au niveau du sol

Il faut noter une certaine analogie entre les allures des courbes pour les profils salins et sodiques.

Les profils salins mettent en évidence un degré de salinité plus élevé dans le sol arrosé par rapport au témoin bien que le sol reste dans la classe "non salin".

Les sels s'accumulent dès les 5 premiers cm. par action combinée de la filtration par les matières en suspension à la surface du sol et de l'évaporation.

Les profils sodiques montrent une fixation du sodium épandu, à la surface du sol (les teneurs témoin étant les plus faibles).

Dans la zone à plus forte pente (zone 4), l'accumulation de sels et de sodium se localise entre 15 et 20 cm. de profondeur.

Répercussion sur l'épandage

Ces eaux nécessitent une bonne perméabilité du sol et des plantes résistantes aux sels:

D'une part la fétuque n'est que moyennement résistante à la salure (RICHARDS 1969).

L'épandage par aspersion augmente les risques d'accumulation de sels sur les feuilles. La pression osmotique accrue constitue alors une barrière à l'entrée de l'eau dans la plante.

Le risque est le même dans le sol avec l'augmentation de la pression osmotique du milieu où la plante puise ses éléments nutritifs.

Ces problèmes peuvent être modifiés et accentués en période chaude et sèche où l'évapotranspiration est plus importante.

D'autre part les mesures de perméabilité ayant révélé une dégradation de la capacité d'infiltration du sol de la parcelle d'épandage, des pratiques devront être mises en œuvre pour améliorer cette perméabilité et éviter tout risque de sodisation.

En conclusion, les plantes sensibles doivent être exclues (ce qui n'est pas le cas de la fétuque), le sol bien drainé et la bonne perméabilité du sol maintenue.

Les microéléments minéraux des effluents peuvent représenter une source d'oligo-éléments appréciables pour les plantes. Mais ils peuvent aussi engendrer, par leur présence en quantité trop importante, certains dangers pour les plantes elles mêmes mais aussi les animaux consommateurs et les eaux souterraines.

1.2.5. - Croute et porosité structurale

La présence de croûtes superficielles visibles à l'oeil nu sur le terrain d'épandage a mené à leur étude qualitative à la loupe binoculaire. Ces plaques de 1 mm. d'épaisseur environ semblent être dues à l'accumulation des M.E.S. à la surface du sol auxquelles se rajoutent des débris végétaux. Une fois sèche cette croûte, sorte de ciment autour des grains de sable, se détache facilement.

1.2.6. - Conclusion

L'examen de toutes ces données semble prouver que l'état du sol conserve une bonne activité biologique, apte à épurer les charges organiques dont il fait actuellement l'objet.

L'absence de stagnation d'eau donc de conditions anaérobies permet d'écartier la possibilité d'un colmatage biologique et la formation de ces croûtes incite plutôt à supposer l'existence d'un colmatage physique par accumulation des M.E.S. De plus une dégradation des propriétés du sol par un apport massif de sels n'a pu être mis en évidence, ce type de sol étant considéré, d'une part comme non salin, d'autre part à danger moyen de sodisation.

2. - COUT DE L'INSTALLATION

Le but de l'analyse a été de comparer la station d'épandage (sans tenir compte des dispositifs d'étude expérimentale) avec une station d'épuration classique équivalente.

le **coût d'investissement** de la première installation d'épandage (120 habitant-équivalent) est presque la moitié de celui d'une station d'épuration classique (470 F./hab.eq. contre 890 F./hab.eq.).

Avec l'extension prévue pour 600 hab.eq. (et qui ne concerne que

l'aire d'épandage) le coût de l'investissement total est de 448 F./hab.eq. contre 650 F./hab.eq. à une station d'épuration biologique correspondante. On voit donc que le coût d'investissement diminue quand la capacité de l'installation augmente.

Pour le **coût de fonctionnement**, la comparaison n'a pu être faite par manque de données rigoureuses sur les petites stations (moins de 1000 hab.eq.). Il est à noter que dans le cas de cette station d'épandage le coût de fonctionnement s'élève à 68 F./hab.eq./an pour la première installation et à 15 F./hab.eq./an lors de l'extension, pour le renouvellement du matériel électro-mécanique.

L'investissement pour l'installation d'épandage reste dans tous les cas moins coûteux malgré le surdimensionnement des ouvrages de prétraitement (conçus pour 1000 hab.eq. leur sous exploitation entraîne un "surcoût" car le fonctionnement effectif de la station se fait à une capacité moindre).

ANNEXE B : PRINCIPAUX PARAMETRES DE POLLUTION D'UN EFFLUENT

Conductivité électrique

Sa mesure permet d'évaluer rapidement mais de façon approximative la minéralisation globale de l'eau. Elle s'exprime en Siemens/m (ou mhos/m).

- conductivité < 100 $\mu\text{S/cm}$: minéralisation très faible;
- 100 $\mu\text{S/cm}$ < conductivité < 200 $\mu\text{S/cm}$: minéralisation faible;
- 200 $\mu\text{S/cm}$ < conductivité < 333 $\mu\text{S/cm}$: minéralisation moyenne accentuée;
- 333 $\mu\text{S/cm}$ < conductivité < 666 $\mu\text{S/cm}$: minéralisation moyenne;
- 666 $\mu\text{S/cm}$ < conductivité < 1000 $\mu\text{S/cm}$: minéralisation importante;
- conductivité > 1000 $\mu\text{S/cm}$: minéralisation excessive.

Relation minéralisation et conductivité
(source RODIER J., 1975)

DBO5 et DCO

Ce sont deux moyens d'apprécier la teneur en matières organiques oxydables. La dégradation de celles-ci dans le milieu naturel s'accompagne d'une consommation d'oxygène et peut entraîner un abaissement excessif de la concentration d'oxygène dissous. Même si le bilan d'oxygène reste satisfaisant, des rejets de matières organiques peuvent déséquilibrer l'écosystème en provoquant un développement excessif de bactéries au détriment d'autres espèces animales ou végétales.

La demande biochimique en oxygène mesure la consommation d'oxygène par les micro-organismes qui dégradent les charges organiques polluantes. Par convention elle s'exprime en mg d' O_2 consommé pendant 5 jours d'incubation à 20° (DBO 5). La DBO5 tient compte des matières organiques biodégradables. Plus elle est importante, plus leur dégradation est rapide.

La demande chimique en oxygène correspond à la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder l'ensemble des matières organiques de l'effluent, que celles-ci aient ou non un caractère biodégradable (mesure avec le bichromate de potassium comme donneur d'oxygène).

Le rapport DCO/DBO5 est un critère de biodégradabilité de ces charges organiques.

Matières en suspension

Ces matières et en particulier la fraction décantable peuvent constituer à l'aval du rejet des dépôts qui empêchent la vie d'une faune et d'une flore benthique normale et qui dégradent la qualité de l'eau sous jacente par le produit des fermentations. Par leur fraction organique elles participent à la DBO et la DCO et transportent une part importante de germes indésirables.

Azote global

C'est la somme de l'azote nitrique (NO_3), nitreux (NO_2), organique et ammoniacal (NH_4).

La dégradation incomplète des matières organiques se traduit par la présence d'azote organique et ammoniacal.

Les nitrites peuvent provenir de la nitrification de l'azote organique. En période de faible oxygénation (période estivale) ils peuvent jouer le rôle de donneur d'oxygène et éviter l'anaérobiose

Les nitrites tirent leur origine d'une oxydation incomplète de l'ammoniac ou d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiante.

ANNEXE C : LE DEBITGRAPHE ET SON ETALONNAGE

Le débitgraphe du puits de relèvement a été conçu et réalisé au C.E.M.A.G.R.E.F.

Théorie de calcul pour l'étalonnage de l'appareil

Le débit instantané $Q(l/s)$ s'exprime par la formule de Kindsvater (USA, 1967):

$$Q = a (h+b)^{5/2} \text{ avec } h+b > 0$$

a est une constante des caractéristiques des éléments du débitgraphe (épaisseur de la paroi, angle d'ouverture du déversoir).

b est une constante qui représente la hauteur limite de la lame d'eau à partir de laquelle les phénomènes de tension superficielle n'arrivent plus à retenir l'écoulement.

Ces constantes a et b sont déterminées par l'étalonnage du débitgraphe. De façon pratique on écrit:

$$Q = a h^{5/2} + a b^{5/2}$$

$$Q^{2/5} = a^{2/5} h + a^{2/5} b$$

$$\text{soit} \quad C = A h + B \quad \text{avec} \quad \begin{aligned} C &= Q^{2/5} \\ A &= a^{2/5} \\ B &= a^{2/5} b \end{aligned}$$

A et B sont déterminés par une régression linéaire sur h et C .

L'étalonnage du débitgraphe a été de nouveau réalisé sur le terrain en Juillet 1984. (figure II)

Le débit est déterminé avec une éprouvette graduée et un chronomètre, tout au long de la journée (environ 10 valeurs) et la hauteur correspondante est lue directement sur la bande d'enregistrement.

Les valeurs trouvées sont:

$$A = 0.01548$$

$$B = - 0.00427$$

avec un coefficient de corrélation de 0.98

On en déduit a et b: $a = A^{5/2} = 3.10^{-5}$
 $b = B/A = - 0.27584$

La nouvelle équation de débit instantané s'écrit:

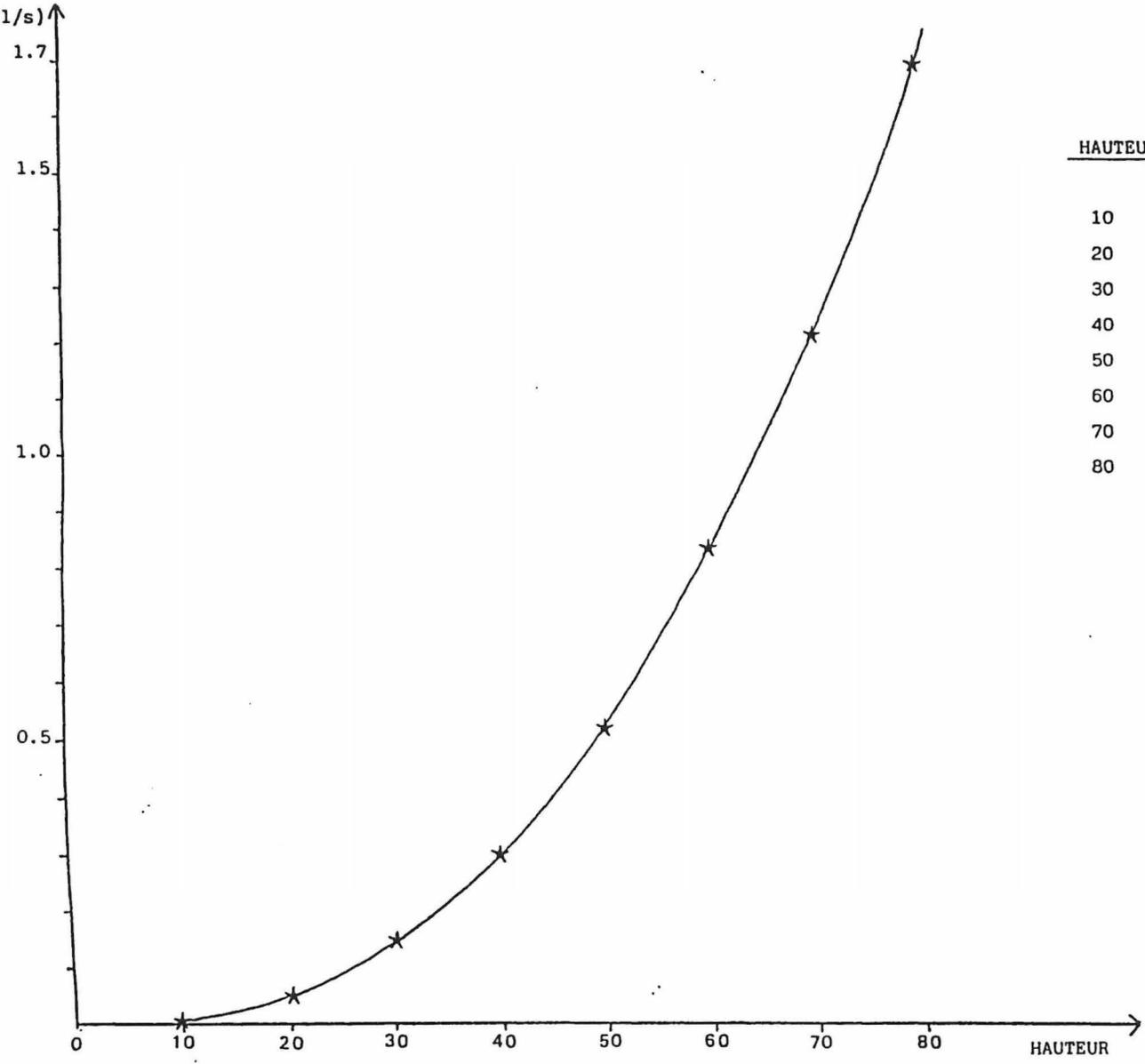
$$Q = 3.10^{-5} (h - 0.27584)^{5/2}$$

Avant le mois de Juillet cette équation reste celle déterminée lors de l'étalonnage de l'appareil au C.E.M.A.G.R.E.F. soit: $Q = 2.03 \cdot 10^{-5} (h - 8.8)^{5/2}$



65

Débit (l/s) ↑



<u>HAUTEUR</u>	<u>DEBIT (l/s)</u>
10	0.008
20	0.05
30	0.14
40	0.30
50	0.52
60	0.83
70	1.22
80	1.70

sur bande enregistreuse

figure II : Courbe d'étalonnage du débitgraphe



FIGURES

- figure 1: Zone de l'étude, plan de situation.
- figure 2: plan de situation à 1/25000
- figure 3: Points expérimentaux de la parcelle d'épandage.
- figure 4: Profils hydriques.
- figure 5: Humidité du sol
- figure 6: Pluviométrie, évapotranspiration et apport d'eaux usées sur la
parcelle d'épandage.
- figure 7: Bilan hydrique du témoin et de la zone arrosée.
- figure 8: Analyses physicochimiques des eaux d'arrivée.
- figure 9: Analyses physicochimiques des eaux de la nappe.
- figure 10: Cycle de l'azote.
- figure 11: Fétuque élevée (Festuca arundinacea Schreb.).
- figure 12: Cycles d'une graminée prairiale.
- figure 13: Principales adventices de la parcelle d'épandage.
- figure 14: Production en vert et teneur en matière sèche.
- figure 15: Analyses fourragères.
- figure 16: Valeur fourragère.
-
- figure I: Points expérimentaux des études antérieures.
- figure II: Courbe d'étalonnage du débit graphe.