

un point sur...

Trente ans de lysimétrie en France 1960-1990

Jean-Charles Muller, coordinateur

comifer



INRA

EDITIONS

un point sur ...

trente ans de lysimétrie en France (1960-1990)

Jean-Charles MULLER, coordinateur



147, rue de l'Université
75338 Paris Cedex 07



8, avenue du Président Wilson
75116 Paris

un point sur ...

Ouvrages parus dans la même collection :

Les systèmes de culture

L. COMBE, D. PICARD, coord.
1990, 196 p.

Phytoprofitaires, protection des plantes, biopesticides

P. BYE, C. DESCOINS, A. DESHAYES, coord.
1991, 178 p.

Le magnésium en agriculture

C. HUGUET, M. COPPENET, coord.
1992, 276 p.

Agricultures et société

C. COURTET, M. BERLAN-DARQUE, Y. DEMARNE, ed.
1993, 326 p.

Elaboration du rendement des principales cultures annuelles

L. COMBE, D. PICARD, coord.
1994, 192 p.

Comportement et bien-être animal

M. PICARD, R.H. PORTER, J.P. SIGNORET, coord.
1994, 228 p.

© INRA, Comifer, Paris 1996 - ISSN : 1250-5218 - ISBN (INRA) : 2-7380-0657-4
ISBN (COMIFER) : 2-910393-04-6

Le code de la propriété intellectuelle du 1^{er} juillet 1992 interdit la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Le non respect de cette disposition met en danger l'édition, notamment scientifique. Toute reproduction, partielle ou totale, du présent ouvrage est interdite sans autorisation de l'éditeur ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC), 3, rue Hautefeuille, Paris 6^e.

un point sur ...

trente ans de lysimétrie en France (1960-1990)

Une technique, un outil pour
l'étude de l'environnement

Jean-Charles MULLER, coordinateur

Directeur de Recherches Honoraire de l'INRA
Chargé de mission INRA-COMIFER



147, rue de l'Université
75338 Paris Cedex 07



8, avenue du Président Wilson
75116 Paris

Cet ouvrage a été réalisé grâce au concours de :

- INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE,
Direction Scientifique Environnement Physique et Agronomie.
- MINISTERE DE L'AGRICULTURE,
Direction de l'Espace Rural et de la Forêt.
- MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT,
Direction de l'eau.

Il est le complément du colloque

«Lysimétrie : évaluation et contrôle des transferts d'azote»,
organisé par l'Académie d'Agriculture de France et le COMIFER
Paris 4 et 5 avril 1995
dont les communications sont parues dans les
Comptes Rendus de l'Académie d'Agriculture de France, N°4 - 1995

TABLE DES MATIERES

		pages
Avant - propos	Pourquoi la lysimétrie ? J. C. IGNAZI, Président du COMIFER.	5
Chapitre 1	Etudes lysimétriques et Agronomie. J. C. Muller, Chargé de mission INRA - COMIFER.	9
Chapitre 2	Inventaire des sites lysimétriques où sont conduites des études agronomiques. J. C. Muller, Chargé de mission INRA - COMIFER.	45
Chapitre 3	Compte rendu de l'étude sur les pertes par lessivage d'éléments fertilisants en sol sableux, en utilisant les cases lysimétriques de Bordeaux . J. Tauzin, INRA, Station d'Agronomie.	85
Chapitre 4	Cases lysimétriques de Cadarache : minéralisation et organisation de l'azote dans un agro-système de la Basse - Durance. Impact d'une culture dérobée. G. Guiraud et al., CEA Cadarache.	97
Chapitre 5	Les lysimètres en sols de craie de Châlons sur Marne . J. L. Ballif et al., INRA, Station d'Agronomie.	115
Chapitre 6	Le dispositif lysimétrique de Colmar . Etude de l'incidence de l'introduction de cultures pièges à nitrates pendant l'interculture, sur les flux d'eau et d'azote. J.Y. Chapot et al., INRA Agronomie.	151
Chapitre 7	Lysimètres du Magneraud . Bilan de 15 années de suivi. A. Bouthier et al., ITCF.	169
Chapitre 8	Recueil des données. Site de Quimper - Kerbernez . J. C. Simon et al., INRA, Station d'Agronomie.	195
Chapitre 9	Recueil des données. Site de Quimper - Kerfily . J. C. Simon et al., INRA, Station d'Agronomie.	205

Chapitre 10	Bilan des suivis lysimétriques réalisés sur le site du Rinçay (Indre). B. Nicoullaud et al, INRA - SESCOF, Orléans.	229
Chapitre 11	Bilan des suivis lysimétriques réalisés sur le site de Saint-Liguair (Deux-Sèvres). B. Nicoullaud et al, INRA - SESCOF, Orléans.	241
Chapitre 12 - 1	Site de Theix - I (Puy-de-Dôme), Etude de la minéralisation de l'azote in situ. P. Loiseau et al., INRA, Station d'Agronomie.	249
Chapitre 12 - 2	Site de Theix - II (Puy-de-Dôme), Influence du système de culture sur le bilan hydrique et minéral (N, Cl, S, K, Na, Ca, Mg). E. Triboï et al., INRA, Station d'Agronomie.	275
Chapitre 13	Les case lysimétriques de l'Industrie des engrais azotés, site de Toulouse (ONIA - AZF). Bilan 1947 - 1982. J. Decroux, Grande Paroisse S. A.	299
Chapitre 14	Lysimètres de Versailles . Bilan 1974 - 1990. Raymonde Boniface et al., INRA, Science du Sol.	327
Conclusions et prospective.	J. C. Muller, Chargé de mission INRA - COMIFER	387

AVANT-PROPOS

POURQUOI LA LYSIMETRIE ?

Jean - Claude IGNAZI

Président du COMIFER

8, avenue du Président Wilson - 75116 PARIS

Depuis quinze ans déjà, des groupes d'agronomes, chercheurs, hommes de développement ou de l'agro-fourriture, ont éprouvé le besoin de se rencontrer, d'échanger et de discuter les problèmes qui se posent à l'agriculteur pour mieux raisonner ses décisions en matière de fertilisation des sols et de nutrition des cultures. C'est l'objet du COMIFER (Comité Français d'Etude et de Développement de la Fertilisation Raisonnée).

Optimiser les apports de fertilisants dans le but de parvenir à une meilleure performance économique a été, et est toujours, un objectif prioritaire. Mais rapidement, la prise de conscience des risques d'atteinte à la qualité du milieu, et tout particulièrement à celle de l'eau, par des pratiques inadaptées, a renforcé l'intérêt porté à toutes les connaissances et méthodes d'investigation permettant de mieux comprendre les règles de circulation de l'eau dans le sol, afin de limiter les risques d'entraînement hors de portée des racines des substances dissoutes pouvant affecter la qualité des eaux (nitrates par exemple).

Ce double souci de *bonne pratique agricole* et de *protection de l'environnement* a conduit à considérer d'un oeil nouveau les résultats de nombreux travaux conduits en France ayant utilisé la méthodologie des lysimètres, en cherchant à valoriser leurs résultats dans le contexte des défis actuels.

Pourquoi la lysimétrie ?

En agronomie, la lysimétrie est une des rares méthodes qui permet d'établir un bilan complet de matière par la mesure directe des entrées et des sorties. Pour cette raison, elle s'intègre naturellement dans les études relatives à la prospective des systèmes de production végétale, car les bilans de matière sont indispensables pour comprendre et gérer les agro-systèmes non seulement dans une optique de productivité et de durabilité, mais aussi de respect de l'environnement.

Si la lysimétrie a des limites, liées au coût et à la durée des expérimentations, elle apparaît comme une technique précieuse pour l'analyse systémique, car elle permet d'évaluer les conséquences d'effets cumulatifs et leurs éventuelles dérives progressives au cours du temps.

Ces constatations justifient qu'au niveau régional, les résultats acquis avec cette technique puissent être pris en compte par les agronomes locaux pour établir leur message de bonne pratique de la fertilisation azotée sur leur zone d'influence et par les responsables politiques et administratifs afin de décider des mesures appropriées en matière d'environnement, sans risques d'aboutir à des choix erronés. Pour la même raison, au niveau européen et français, les décisions qui pourront être prises sur l'azote lors de la mise en application de la directive sur les nitrates, nécessitent la mobilisation de toutes les références agronomiques disponibles.

Les données les plus nombreuses actuellement disponibles se trouvent à l'INRA où de tels dispositifs ont été mis en place depuis déjà longtemps dans les Départements d'Agronomie et de Science du Sol pour étudier des problèmes de fertilisation. Les résultats publiés à ce jour ont répondu à un certain nombre de questions précises, mais ils sont dispersés dans de nombreuses publications, donc d'un accès peu facile et aucune synthèse n'a été réalisée.

C'est la justification de cette publication, qui a pour objet de répondre à un souhait émis par le Conseil d'Administration du COMIFER afin qu'une étude soit entreprise, dans le but d'établir une synthèse, la plus exhaustive possible, des résultats enregistrés pendant plusieurs décennies sur l'ensemble des dispositifs lysimétriques de France, de façon à disposer de références scientifiques sérieuses sur le comportement de l'azote en général, et des nitrates en particulier, dans

différentes conditions de sols, climats et cultures (y compris sous sol nu).

La mise en oeuvre de l'étude nécessite l'inventaire des sites, des résultats et des publications disponibles, afin de constituer une base de données permettant la réalisation d'une exploitation accessible et fiable.

Afin que ce recueil reste dans les limites raisonnables, ne seront présentées que les données de lysimétrie obtenues en cases de végétation, se rapportant principalement au comportement de l'azote sur la période comprise approximativement entre 1960 et 1990. Le présent ouvrage, qui concrétise cette étude, se divise en trois parties principales.

- La première (chapitre 1) discute de l'intérêt et des limites de la méthode lysimétrique, des dispositifs réalisables, de leurs avantages et inconvénients, des conditions d'acquisition, d'exploitation et de stockage des données. A partir des résultats obtenus au cours des trente dernières années, quelques exemples d'application de la lysimétrie en agronomie et en science du sol sont commentés. En conclusion, le problème de la constitution de bases de données utilisables pour la modélisation est discuté, celui de la conservation, dans le temps, des données acquises en vue d'une utilisation ultérieure est posé.

- La seconde (chapitre 2) présente l'inventaire, sous forme de fiches standardisées décrivant des sites lysimétriques où sont conduites, en France, des études agronomiques. Son objet est de donner une description claire et précise des dispositifs. Les résultats obtenus ne seront ni présentés ni commentés. En effet, indépendamment de problématiques scientifiques qui ont forcément varié au cours du temps, il s'agit de pouvoir répondre à la question : “ **avec la technique lysimétrique : qui fait quoi, où et comment ?** “

- La troisième (chapitres 3 à 14) est, pour les principaux sites, une présentation standardisée facilitant les rapprochements et les comparaisons. Les points retenus portent sur la présentation des données définissant le milieu : climat, sol et système de culture. Une description précise du dispositif est faite, ainsi que des objectifs et historiques cultureux successifs. Les mesures et analyses effectuées sont précisées, ainsi que les conditions de gestion et de stockage des données. Des exemples de résultats correspondant aux objectifs de recherches cités pendant les périodes prises en compte sont donnés. Enfin la liste des publications faites à partir du dispositif complète cette description.

Pourquoi la lysimétrie ?

La finalité de ce recueil est de :

- **mettre à la disposition** des agronomes, des spécialistes de l'environnement, des décideurs, un ensemble homogène de données déjà acquises afin d'éviter de perdre les informations et de fournir une base aux expérimentations futures.

- **de préparer des synthèses thématiques** dont quelques unes ont servi pour établir le contenu de la journée spécialisée organisée par l'Académie d'Agriculture et le COMIFER. A titre d'exemple, quelques uns des thèmes qui peuvent être identifiés : représentativité du lysimètre et fonctionnement par rapport au sol en place; variabilité climatique et systèmes de culture; modélisation du transfert et de la transformation de l'azote organique du sol : apport à la connaissance à partir de séries chronologiques de longue durée obtenues en sol nu, utilité du marquage isotopique. Enfin dégager une synthèse qui permettra de répondre de manière cohérente aux différentes questions soulevées par la gestion de l'azote en agriculture, prenant en compte les diversités régionales, etc.

Les dispositifs lysimétriques sont lourds et coûteux; ils ne trouveront justification, tant pour leur création ou leur maintien, que grâce à une bonne valorisation de leurs résultats.

C'est bien dans cet esprit de valorisation des résultats acquis que cet ouvrage a été entrepris. Le lecteur pourra apprécier l'importance de notre patrimoine agronomique dans le domaine de la lysimétrie, sans oublier que cette revue n'est pas exhaustive et que d'autres résultats pourraient figurer dans une suite.

Que Jean Charles Muller, principal artisan de cette collecte soit ici chaudement remercié, ainsi que ses collègues qui lui ont ouvert leurs dossiers et ont accepté de prendre la plume.

CHAPITRE 1

ETUDES LYSIMETRIQUES ET AGRONOMIE.

INTERET ET LIMITES DE LA METHODE. SITUATION EN FRANCE.

Jean Charles MULLER
Chargé de Mission INRA - COMIFER
8, avenue du Président Wilson - 75116 PARIS

DEFINITION ET OBJET DE LA LYSIMETRIE.

Les méthodes destinées à caractériser les propriétés de certains milieux sont souvent désignées en ajoutant le suffixe " ie " au nom de l'appareil de mesure, ou d'observation, le plus couramment utilisé pour l'étudier. Il en est ainsi de la microscopie, de la pluviométrie, de la thermométrie par exemple. Le sujet est traité en décrivant le ou les appareils de mesure, leurs avantages, leurs inconvénients et leur mode d'emploi. Cette approche expérimentale présente l'intérêt d'introduire des comparaisons entre des propriétés ou des structures qui n'ont pas de relations apparentes. Il en est ainsi de la lysimétrie.

L'étymologie du terme lysimètre se trouve dans les deux racines grecques, "luisis" qui signifie dissolution, destruction d'éléments organiques et " metron " mesure.

Le lysimètre est une cuve étanche dans laquelle un sol, ou une terre,¹ est mis à l'étude. La face supérieure de cette cuve est exposée à l'action des agents atmosphériques, alors que les faces latérales empêchent tout échange avec l'extérieur. La face inférieure, drainée, permet à l'expérimentateur de déterminer les caractéristiques de la solution évacuée par drainage. Ce modèle réduit de la réalité

¹ Rappelons que le sol est le produit de l'altération, du remaniement et de l'organisation des couches supérieures de la croûte terrestre sous l'action de la vie, de l'atmosphère et des échanges d'énergie qui s'y manifestent. La terre dans le sens pédologique désigne la couche meuble de l'espace naturel où poussent les plantes. (LOZET et MATHIEU, 1990).

Chapitre 1

est caractérisé par la nature du sol ou de la terre qui l'emplit, le régime climatique auquel il est soumis, l'occupation de sa surface et les traitements qui sont appliqués. Il permet cependant une bonne approche dans l'étude du bilan de l'eau, des composants de la solution du sol et de la production des cultures.

La méthode lysimétrique a pour objet de réaliser un bilan entrées -sorties des composés minéraux ou organiques sur une colonne verticale de sol. En conséquence, les transferts verticaux de la solution évacuée seront seuls pris en considération et son champ d'action sera limité à la couche meuble de l'espace naturel où poussent les plantes, c'est à dire la zone racinaire se développant dans la majorité des cas dans les deux premiers mètres du sol.

Concernant la dynamique de l'eau, les études que permet la méthode lysimétrique se rattachent soit à l'hydrologie (bilan de l'eau en fonction des conditions climatiques et de la couverture du sol), soit à l'hydraulique (vitesse d'infiltration en fonction de l'apport, de la profondeur, etc ...).

Les phénomènes de lixiviation, permettant de caractériser l'hydrodynamique et l'hydrochimie de la solution du sol, relèvent également de la lysimétrie, car ils mettent en cause simultanément les propriétés du sol, la nature de la couverture végétale, les apports d'éléments fertilisants ou autres.

Le fait qu'il s'agisse d'un modèle implique qu'il puisse être comparé à une certaine réalité, c'est-à-dire que l'on définisse les critères qui permettront de transférer les résultats du lysimètre à la réalité.

BREF HISTORIQUE.

La première description d'un dispositif de lysimétrie, dénommé à cette époque " case de végétation " que l'on trouve dans la littérature agronomique française a été faite par L. GRANDEAU (1879) dans le cours de "chimie et physiologie appliquées à l'agriculture et à la sylviculture" qu'il professait à l'Ecole Forestière de Nancy. Les cases étaient remplies de terre, en essayant de reconstituer le sol d'origine. Elles étaient pourvues de capteurs de température régulièrement réparties sur toute la profondeur de la case. A cette époque d'autres dispositifs, également réalisés à partir de sols remaniés, furent ensuite mis en place en France. Le plus connu, et aussi parmi les plus anciens, est celui qui fut édifié par P. P. DEHERAIN à Grignon en 1889. Mais il a fallu attendre 1928 pour que A. DEMOLON installe, au Centre de Recherche Agronomique de Versailles, un dispositif complet de lysimétrie, qui après plusieurs modifications successives a pu fonctionner jusqu'à maintenant. La période allant de 1925 à 1950 fut une période particulièrement pauvre en réalisation puisque seulement trois dispositifs furent réalisés à Quimper (INRA, 1941) Toulouse (ONIA², 1949) et Clermont-Ferrand (INRA, 1951).

Pour éviter les inconvénients liés à la reconstitution du profil initial du sol GILBERT et LAWES, à Rothamsted, dès 1881, réalisaient des lysimètres à sol non remanié, en édifiant la cuve autour d'un monolithe isolé de sol comme l'a fait, plus récemment, P. DUTIL à Châlons sur Marne, en 1973. Cette réalisation est plus délicate mais elle respecte le profil du sol ce qui est impératif pour des sols comme

² ONIA : Office National Industriel de l'Azote, dont le sigle ou la désignation devaient, par la suite, varier au gré des restructurations de l'industrie française des engrais; la désignation commerciale actuelle est : "Grande Paroisse S. A.". .

les rendzines sur craie à poche de cryoturbation par exemple. Pour les autres sols, des précautions de mise en place des matériaux, lors de la reconstitution du profil dans le lysimètre, peuvent suffire en général.

LA METHODE LYSIMETRIQUE.

Les exigences auxquelles les dispositifs de mesure devraient pouvoir satisfaire sont au nombre de deux : permettre des mesures fiables et non destructives de la lixiviation³, avec une perturbation minimale du sol (dispositifs en sol non remanié, par opposition aux dispositifs à sol reconstitué) et pouvoir être installés en parcelle cultivée sans gêne notable pour les pratiques agricoles car un des impératifs de la lysimétrie est la longue durée.

Principe de base - La méthode lysimétrique a pour objet de réaliser un bilan entrées -sortie des composés minéraux ou organiques sur une colonne verticale de sol dont le volume est parfaitement connu. Au préalable, il est souvent nécessaire d'imposer des hypothèses simplificatrices dont le bien fondé devra être vérifié : non prise en compte, par exemple, de la volatilisation de l'ammoniac, de la dénitrification ou des fixations microbiennes de l'azote.

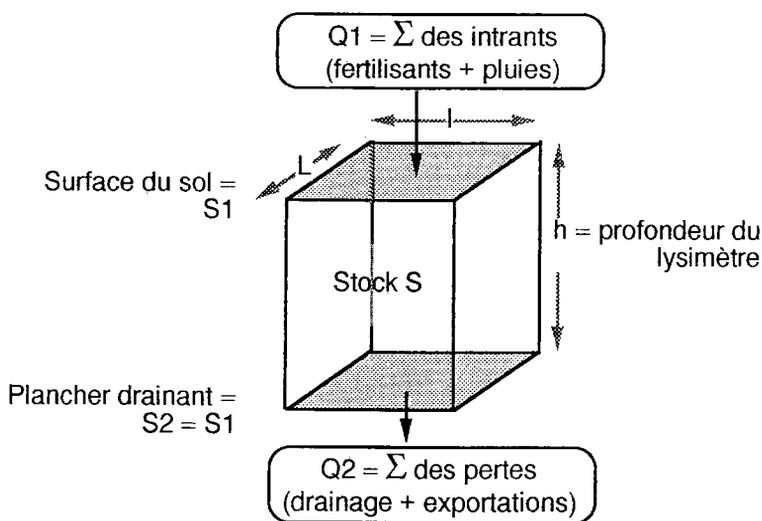


Figure 1 - Schéma de principe d'un lysimètre. Loi de conservation de masse appliquée à la lysimétrie.

La loi de conservation de masse, loi extrêmement générale, sera appliquée

³ En pédologie, la lixiviation désigne exclusivement l'entraînement dans le sol d'éléments solubles avec l'eau qui percole, le lessivage désigne l'entraînement de particules fines du sol. Ce dernier terme est couramment utilisé en agronomie pour désigner un entraînement par l'eau de percolation d'éléments minéraux solubles hors de la zone potentiellement exploitable par les racines. Glossaire de la fertilisation N-P-K. (COMIFER 1993).

Chapitre 1

aux transferts de matière dans le sol. A un instant donné " t " la colonne de sol, limitée supérieurement et inférieurement par un plan horizontal, a un stock de matière " S " : eau et éléments minéraux par exemple (Figure 1). Des flux instantanés d'entrée, " q_e " et de sortie, " q_s " peuvent avoir lieu à travers ces deux plans horizontaux. Entre deux instants t₁ et t₂, il passe des flux :

$$Q_e = \int_{t_1}^{t_2} q_e * dt \quad \text{et} \quad Q_s = \int_{t_1}^{t_2} q_s * dt$$

au travers des deux plans horizontaux S1 et S2, il se produit une variation du stock, appelée couramment " bilan " :

$$\Delta Q = Q_e - Q_s$$

Cette relation peut s'appliquer aussi bien aux flux d'eau qu'aux flux de minéraux ou de toute autre substance. Si l'on considère le bilan hydrique, le flux d'eau entrant sera :

Q_e = P - ETR, avec P = pluviosité et ETR = évapotranspiration réelle.

et Q_s = D = drainage.

Dans le cas d'un fertilisant, on utilisera la même relation en remplaçant, pour les intrants, la pluviosité par les engrais minéraux, organiques et, pour les sorties, l'évapotranspiration par l'exportation par les cultures et le drainage par les quantités d'élément lessivées.

Dans un sol, la perte de substances, dans un intervalle donné de temps, peut être caractérisée par des mesures de concentration et de volume de la solution percolant au travers des matériaux qui le constituent. Si l'on dispose d'une case étanche isolant un volume de terre d'épaisseur définie, munie d'un fond permettant de récupérer les eaux d'infiltration, enfouie dans le sol et exposé aux conditions climatiques du lieu où il se trouve, on réalise un lysimètre auquel on peut appliquer la loi de conservation de masse..

Dans toute mesure de lysimétrie deux paramètres apparaissent fondamentaux :

- premièrement, le **volume d'eau drainé** à la base du lysimètre, " D ", exprimé en litres ou plus couramment en m³ . ha⁻¹ ou en mm (hauteur d'eau), unité identique à celle qui mesure les précipitations. La surface du lysimètre étant connue, la quantité d'eau qui draine au cours d'une période donnée, " D ", peut être exprimée en hauteur d'eau à partir de la relation :

$$\text{"D" (en mm)} = \frac{\text{volume d'eau récupéré à la base du lysimètre (en litres)}}{\text{surface du lysimètre (en m}^2\text{)}}$$

- deuxièmement, la **concentration** des eaux qui percolent, " C ", par exemple dans le cas de l'azote, exprimée en mg . l⁻¹ d'azote élémentaire, N ou d'azote nitrique, NO₃⁻. Remarquons que l'expression des concentrations en azote nitrique (NO₃) traduit la potabilité de l'eau, tandis que l'expression en azote élémentaire (N) traduit un enjeu agronomique et économique⁴. Ces deux unités de mesure étant d'usage courant, il est indispensable de préciser chaque fois celle qui a été choisie.

⁴ Rappelons les termes de passage d'une unité à l'autre : 1 mg N-NO₃ = 4,43 mg -NO₃.

La quantité de nitrates lessivée est alors donnée par la relation simple :

$$N \text{ lessivé (kg}\cdot\text{ha}^{-1}) = V \text{ (mm) } \cdot C \text{ (mg}\cdot\text{l}^{-1}) \cdot 0,01$$

On peut donc considérer que le lysimètre permet une mesure directe des quantités lessivées d'eau et d'azote, ou d'autres éléments.

Les **dispositifs lysimétriques réalisables actuellement**, que l'on peut classer en trois types, ne peuvent satisfaire simultanément à ces deux exigences, mais permettent la mesure d'au moins un des deux paramètres nécessaires pour calculer les quantités lessivées :

A l'échelle de sites localisés dans une parcelle, les mesures peuvent être faites à partir de **lysimètres fermés**, en général à sol reconstitué, de **lysimètres ouverts**, ou de **bougies poreuses**, en sol non remanié. Deux de ces dispositifs (lysimètres ouverts et bougies poreuses) ne permettent de mesurer que la concentration de la solution qui percole. Ils nécessitent impérativement des dispositifs associés pour estimer les volumes d'eau drainés.

A l'échelle d'une parcelle, ou d'un bassin versant, les réseaux de drainage, équipés à l'exutoire d'appareils permettant la mesure directe des paramètres de concentration et de volume (ARLOT et DUTERTRE, 1990), sont à rapprocher de la technique lysimétrique. Les transferts verticaux et latéraux de la solution du sol pouvant s'effectuer simultanément dans la zone racinaire et dans la zone non saturée, ces dispositifs ne seront pas examinés ici car ils sortent du champ d'étude de la lysimétrie telle que nous l'avons défini dans le premier paragraphe.

Modalité de fonctionnement des dispositifs lysimétriques - Par définition, un lysimètre est un dispositif qui isole, entre la surface du sol et une profondeur donnée, un volume de sol ou de terre et comporte à sa base un système de récupération des eaux qui percolent.

Par construction, le lysimètre rompt, au niveau du plancher de drainage, le lien capillaire de la solution du sol avec le niveau sous-jacent ce qui entraîne deux conséquences. 1° cette rupture provoque des perturbations non négligeables de la dynamique de l'eau; 2° seule l'eau gravitaire, qui occupe des pores de diamètre théorique compris entre 8 et 30 microns, peut être accessible sans assistance au drainage. Or cette fraction de l'eau n'est que temporairement présente, lorsque le sol atteint la capacité au champ. La mise sous pression, à la base de la colonne de sol d'une partie de l'eau capillaire (diamètre des pores compris entre 0,2 et 8 microns), provoque un écoulement lorsque cette force devient supérieure à la force de capillarité du matériau constituant la base du monolithe de sol. Il constitue la majeure partie du volume d'eau recueilli à la base du lysimètre. C'est l'eau de drainage qui correspond à l'eau gravitaire et à une partie de l'eau capillaire. La question de sa représentativité en tant que solution du sol peut se poser.

Si le transfert de l'eau dans la zone d'exploration par les racines s'effectue verticalement, le modèle lysimétrique peut être utilisé sans restriction pour établir un bilan de matière. Des discontinuités dans la structure du sol (semelle de labour,...) et dans le sous-sol (dalle calcaire,...). peuvent provoquer des écoulement latéraux, compliquant l'interprétation des données.

Les lysimètres fermés.- S'ils sont remplis de " terre ", couche meuble de l'espace naturel où poussent les plantes (LOZET et MATHIEU, 1990), on parlera de

Chapitre 1

lysimètres à sol reconstitué. C'est le type de lysimètre le plus fréquemment utilisé parce qu' apparemment le plus facile à réaliser (Figure 2). Néanmoins, malgré les précautions prises lors de la mise en place des matériaux, le problème de la reconstitution du profil initial du sol se pose. Le remplissage de la cuve est effectué dans l'eau ou à sec, par couches successives de 5 à 20 centimètres d'épaisseur. Chaque couche est tassée pour reconstituer la densité apparente du sol d'origine. Malgré ces précautions, il est nécessaire d'attendre plus ou moins longtemps pour permettre aux matériaux de se remettre en équilibre.

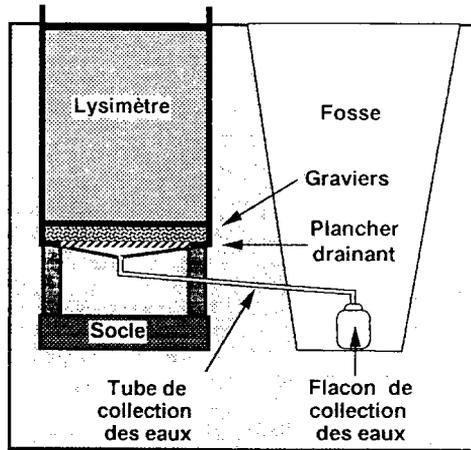


Figure 2 - Eléments constitutifs d'un lysimètre fermé.

Les lysimètres ouverts. - Ce sont des lysimètres de conception plus récente que les précédents. Leur réalisation, en France, a été développée, à partir de 1980, par R. STUDER dans les sols argilo-calcaires caillouteux des régions Centre et Poitou-Charentes. Ces lysimètres ouverts, sans paroi latérale conservent mieux la structure du sol. La plaque drainante est enfoncée latéralement dans le sous-sol à partir d'une fosse creusée préalablement, qui sera utilisée pour la collecte des eaux de drainage. Il existe plusieurs types. Les **lysimètres ouverts à tension**, type COLE, équipés d'une plaque drainante pouvant être mise en dépression (figure 3). Ils se rapprochent des bougies poreuses par leur mode de fonctionnement. Les **lysimètres ouverts sans tension**, équipés d'une plaque drainante à écoulement gravitaire, qui fonctionnent comme les lysimètres fermés. Les figures 4 et 5 présentent quelques dispositifs réalisés en milieu agricole ou forestier. Dans ce dernier milieu des dispositifs spécifiques ont été conçus pour l'étude du transfert des éléments traces dans les écosystèmes d'altitude, on en trouvera des descriptions détaillées dans les publications de Catherine KELLER (1991) et O.ATTEIA (1992). Le lecteur trouvera également des détails sur la réalisation de ces divers types de lysimètres dans les chapitres se rapportant aux dispositifs présentés dans cet ouvrage.