



ASSOCIATION
QUÉBÉCOISE
DE SPÉCIALISTES
EN SCIENCES
DU SOL



et

ORSTOM
RÉSEAU ÉROSION

Volume IX, Numéro spécial

Août 1997

Congrès conjoint AQSSS - ORSTOM:

Le sol et l'eau, deux ressources à gérer en interrelations

BULLETIN - AQSSS

SOMMAIRE

RÉSUMÉS.....	3
CONFÉRENCIERS INVITÉS.....	3
SESSION I: GESTION DES SOLS ET DES CULTURES	6
SESSION II: MESURE ET PROCESSUS D'ÉROSION ET ÉTUDES DE BASSINS VERSANTS	9
SESSION III: FERTILISATION	13
SESSION IV: CONTRÔLE DE L'ÉROSION	17
SESSION V: SOLS FORESTIERS ET AGROFORESTERIE	22
SESSION VI: POLLUTION ET ENVIRONNEMENT.....	25
SESSION VII: QUALITÉ DES SOLS.....	30
SESSION VIII: CARTOGRAPHIE, SIG ET VARIABILITÉ	33
AFFICHES	39

Dépôt légal Bibliothèque nationale du Québec
ISSN 0838 4495

AQSSS, Complexe scientifique du Québec, a/s Rock Ouimet MRN,
2700, rue Einstein, Sainte Foy, Québec G1P 3W8

COMITÉ ORGANISATEUR du CONGRÈS CONJOINT AQSSS-ORSTOM

Présidents: **Claude BERNARD**, Centre de recherche et d'expérimentation en sols, MAPAQ
Éric ROOSE, ORSTOM, Réseau Érosion, Montpellier, France

Membres du comité organisateur:

Denis ANGERS, Agriculture et agroalimentaire Canada
Pierre BARIL, BPR Ingénieurs Conseils
Georges DE NONI, ORSTOM, Montpellier
Jean-Marie LAMACHÈRE, ORSTOM, Montpellier
Marc LAVERDIÈRE, Département des Sols, FSAA, Université Laval
Aubert MICHAUD, Centre de recherche et d'expérimentation en sols, MAPAQ
Michel NOLIN, Agriculture et agroalimentaire Canada

Membres du comité scientifique:

Denis ANGERS, Agriculture et agroalimentaire Canada
Georges DE NONI, ORSTOM, Montpellier
Jean-Marie LAMACHÈRE, ORSTOM, Montpellier
Marc LAVERDIÈRE, Département des Sols, FSAA, Université Laval
Guy MEHUYS, Collège Macdonald, Univ. McGill
Rock OUMET, Direction de la recherche forestière, MRNQ
Thi Sen TRAN, Centre de recherche et d'expérimentation en sols, MAPAQ
Stanislas WICHEREK, ENS et CNRS, Paris



Gouvernement du Québec
Ministère de l'industrie, du commerce,
de la science et de la technologie

Programme de soutien à la communication
scientifique et technologique

L'Association Québécoise de Spécialistes en Sciences du Sol regroupe les personnes intéressées à la science, à l'utilisation, à l'aménagement et à la conservation des sols. Elle a pour objectif de diffuser l'information scientifique et technique relative au sol pour éclairer sur tout sujet d'intérêt concernant l'utilisation, l'aménagement et la conservation de la ressource sols. Tout diplômé universitaire oeuvrant en science du sol au Québec peut devenir membre de l'association à condition d'en faire la demande, d'être admis par le comité d'admission et de payer la cotisation annuelle fixée par l'assemblée générale.

Le bulletin de l'AQSSS est une publication bisannuelle éditée en janvier et mai. Toute contribution au bulletin est bienvenue. Faire parvenir vos textes, photos et propositions à l'éditeur.

Résumés

Conférenciers invités

Réflexions sur les pratiques de conservation des sols et de l'eau. Denis Côté, CRES, MAPAQ, complexe scientifique, 2 700 Einstein, Ste-Foy, Québec. Canada

Le plus souvent, ce sont les événements naturels de type catastrophique qui suscitent la réflexion sur l'efficacité des pratiques de conservation du sol et de l'eau en territoire agricole et agro-forestier. On pense à l'effet des pluies de l'hiver dernier sur la survie de nos espèces pérennes, à l'érosion des sols de l'Île d'Orléans au printemps 1993, aux sécheresses des étés 1988 et 1989, au présent dossier controversé du pompage commercial des eaux souterraines. Encore aujourd'hui, la très grande majorité de la superficie des terres des bassins hydrographiques habités du Québec, est soumise à une utilisation agricole et agro-forestière. Il ne faut pas s'étonner qu'après les agronomes, les pédologues et les hydrologues, les gestionnaires municipaux de ces mêmes territoires aient des attentes face à la conservation des sols et de l'eau. Devant l'impossibilité de contrôler les événements climatiques destructeurs, on se tourne vers les « coussins gonflables de la protection des ressources » que sont les pratiques de conservation.

Plus on les analyse plus on découvre que les objectifs des producteurs agricoles coïncident avec ceux des gestionnaires du territoire et de l'environnement.

- Tamponner ou améliorer la réserve en eau du sol facilement utilisable pour la plante durant la saison de croissance.
- Que la qualité du sol soit telle que l'utilisation optimale et des nutriments par les récoltes soit optimale.
- Que la capacité de captage et de stockage par le sol, le sous-sol et les structures, de l'eau de précipitation, puisse prévenir l'érosion, les inondations, la destruction du lit et des berges des plans d'eau.
- Que les pratiques et aménagements agricoles puissent favoriser une recharge adéquate des aquifères.
- Que la qualité de l'eau utilisée à la ferme et par la collectivité puisse satisfaire le plus grand éventail possible d'utilisations : eau potable, récréation, navigation et faune.

Pour rencontrer ces objectifs, de nombreuses pratiques de conservation du sol et de l'eau sont proposées au secteur agricole. Une voici une liste brève :

- Réduction du travail du sol ; intensité, nombre et période d'intervention ; culture sur billons, semis direct.
- Accroissement de l'utilisation des résidus de récolte comme paillis
- Réduction du tassement du sol ; moins de passages ; pneus basse pression.
- Accroissement du couvert végétal par l'utilisation des cultures intercalaires et compagnes et de couverture.
- Accroître les apports d'amendements organiques de qualité.
- Fertilisation raisonnée ; valorisation des engrais de ferme orientée vers la réduction des nuisances et de la pollution.
- Amélioration de la distribution spatiale des cultures ; en bandes et damier, rotation des cultures, intégration de l'agro-foresterie.
- Stratégie de réduction des dérives, du lessivage et du ruissellement des pesticides.
- Meilleure régie des troupeaux au pâturage.
- Drainage souterrain et contrôle de la profondeur de la nappe phréatique.

La variété et spécificité des pratiques de conservation va en s'accroissant au fil des ans. Par ailleurs, les contraintes liées il y a quelques années à la mécanisation des nouvelles façons et pratiques culturales, ne se rencontrent a peu près plus. On peut dire que les agriculteurs sont réceptifs aux nouvelles pratiques. Pour plusieurs, l'amélioration de la qualité des sols et de l'eau, même à long terme, les motivent. En guise de réflexion finale, il apparaît que la vulgarisation des connaissances pédologiques et hydrologiques issues de la recherche est un élément essentiel pour l'atteinte des objectifs à l'échelle des bassins.

L'aménagement forestier et l'eau au Québec: enjeux. André P. Plamondon, Département des sciences du bois et de la forêt, Université Laval.

Le territoire forestier québécois fournit normalement une eau de qualité, en quantité suffisante pour satisfaire les besoins des zones habitées à l'exception de certaines périodes estivales dans le sud-ouest. Toutefois, l'aménagement forestier, par la construction de chemins, la coupe et la préparation du terrain pour assurer la régénération peut localement perturber le sol et influencer le régime d'écoulement, l'érosion et les apports de substances dans le réseau hydrographique. Ce texte discute des principaux enjeux qui concernent l'étiage estival, les crues de fonte, le taux de fonte en lien avec les caractéristiques hauteur-densité de la régénération, la perturbation des sols fragiles, l'érosion du sol, les apports de sédiments dans le réseau hydrographique, l'action des traverses de cours d'eau sur la morphologie et la remontée de la nappe phréatique en milieu humide. Il s'avère que nos connaissances sont suffisantes pour prendre

des décisions appropriées d'aménagement dans plusieurs cas alors qu'elles doivent être développées pour répondre à d'autres préoccupations.

Évaluation de la durabilité économique et environnementale de l'agriculture dans le bassin des Grands Lacs.

Bruce K. MacDonald, Centre de recherches sur les cultures abritées et industrielles, Agriculture et Agroalimentaire Canada, Guelph, Ontario.

Au Canada, les activités agricoles sont principalement limitées sur le plan pédo-climatique à deux écozones terrestres, celle des prairies au climat semi-aride et celle des plaines à forêts mixtes au climat humide. Les activités agricoles dans l'écozone des plaines à forêts mixtes (laquelle s'étend de Windsor dans le sud de l'Ontario jusqu'à la ville de Québec) fournit plus de la moitié de la production agricole brute canadienne. Cette région est aussi la plus peuplée et la plus industrialisée du Canada. Conséquemment, l'agriculture doit compétitionner avec ces autres types d'utilisation des terres dans la gestion rationnelle des ressources sol et eau. La situation est encore plus complexe dans la région des Grands Lacs où les intérêts nationaux du Canada doivent être aussi conciliés avec ceux du pays voisin, les États-Unis.

Les préoccupations pour la qualité et la conservation du sol et de l'eau en milieu agricole doivent intégrer différents niveaux de perception et d'organisation spatiale et administrative allant du niveau le plus général au niveau le plus détaillé, de la planification nationale et internationale à la gestion des ressources au niveau de la ferme. À l'échelle de la parcelle expérimentale ou de la parcelle agricole, les relations entre les activités agricoles et la qualité des sols et de l'eau doivent être caractérisées d'une façon très spécifique et détaillée. Cependant, lorsque la superficie du secteur d'intervention augmente, l'approche doit permettre une plus grande généralisation et globalisation des interventions. Différentes approches et types de données sont requis et les degrés de précision et de fiabilité retenus varient selon le niveau de perception considéré. Cette conférence décrit les expériences canadiennes de caractérisation de la situation et de l'évolution de la qualité des ressources sol et eau suite à l'utilisation agricole des terres et ce, à divers niveaux d'intervention.

Au niveau le plus large, les activités agricoles dans le bassin des Grands Lacs ont été caractérisées par un projet canado-américain visant à déterminer quels sont les types de recherches additionnelles requis à une meilleure compréhension de la situation et de ses causes. Les résultats obtenus à date montrent les zones où les risques de dégradation sont plus élevés mais ne donnent pas une bonne résolution spatio-temporelle de la situation. Quelques indicateurs agro-environnementaux ont été étudiés au niveau de la carte généralisée des pédopaysages du Canada (échelle de 1: 1 000 000) afin de caractériser l'ampleur des risques d'érosion des sols et de contamination de l'eau d'origine agricole. Les résultats de cette approche généralisée ont été corrélés aux données recueillies dans les parcelles, les fermes et les bassins versants afin d'évaluer la sensibilité de l'approche. Ce tour d'horizon résume les principales activités de recherches menées dans ce domaine à travers le Canada. Ces activités ont été synthétisées à l'intérieur d'un système hiérarchique montrant la relation entre les différents niveaux de détail et indiquant quelques-uns des problèmes reliés à la disponibilité des données et à l'échelle de mesure.

Dégradation des terres au Maroc et problématique d'une gestion conservatoire. Laouina, M. Abdellah, Univ. Mohammed V, Rabat, Maroc.

Dans les régions agricoles marginales du Maroc, l'accentuation de la pression anthropique au cours du 20^e siècle explique la dégradation rapide de l'environnement, ce qui limite sérieusement les possibilités de développement et hypothèque le potentiel agricole par le biais de l'érosion des sols en amont d'une part et de l'envasement des retenues de barrages alimentant les plaines d'autre part. Ces régions vivent une contradiction permanente entre l'importance quantitative et qualitative des besoins et le faible niveau de mise en valeur des ressources. En effet, des ressources inestimables et variées sont soumises à de fortes contraintes et donc facilement destructibles. C'est pourquoi de nombreux projets de recherche ont été lancés, visant la définition de méthodes pratiques de développement et de gestion de ces espaces fragiles. Les politiques d'intervention se sont focalisées sur la dégradation des terres et des eaux et n'ont souvent pas réglé les problèmes fondamentaux de ces régions marginalisées, comme le problème d'enclavement de zones entières ou celui de la dévalorisation de l'économie agricole. Or, il semble bien que le sous-développement économique et la dégradation du milieu soient liés; il est en effet difficile d'envisager une protection efficace des ressources en l'absence d'une politique novatrice, basée sur la volonté de redynamisation de l'économie et de mise en valeur de ressources nouvelles et durables.

Les indices de dégradation et de désertification sont plus ou moins prononcés au Maroc; le processus est évident dans les piedmonts steppiques alors qu'il reste confiné à des sites particuliers en milieu atlantique. Des régions auparavant considérées comme en équilibre, sont de plus en plus décrites comme affectées par des mécanismes de dégradation aboutissant à terme à la désertification. Des observations de terrain, des enquêtes et des mesures précises permettent d'évaluer les mécanismes en jeu et de fournir une analyse prospective relative aux ressources disponibles et aux possibilités de développement durable des deux régions.

Le premier indice considéré et analysé est le recul du couvert végétal, souvent accompagné d'une dédensification. Le suivi par analyse de photographies aériennes et le relevé d'espèces indicatrices constituent la méthode d'approche. Dans les cas étudiés (Maroc oriental aride, plateaux atlantiques subhumides), la dégradation est effective, même si les limites globales changent peu en ce qui concerne la subaie atlantique, alors que les limites reculent à grands pas dans les steppes orientales.

Le second indice pris en compte est la progression et l'extension des formes d'érosion ravinante, notamment le suivi de champs de rigoles et la cartographie précise de grandes ravines. L'évolution est loin d'être univoque. Certains cas de cicatrisation sont enregistrés, mais ne signifient pas une atténuation de la dégradation qui au contraire devient plus généralisée car aréolaire. Les phases d'extension rapide sont reliées à des épisodes particuliers et les sites intéressés

sont surtout ceux des versants labourés, alors que les événements exceptionnels de l'hiver 1996 ont montré que les jachères paraissent nettement plus protégées. Dans les terrains cultivés, de larges plaques de sol profondément atteint se constituent, où la quantité de matériel emporté, après une seule année peut être estimée au 1/5 et localement au 1/3 du stock.

L'ensablement et l'apparition de formes dunaires, parfois de petite taille constituent le troisième indice sur lequel se fonde le qualificatif retenu de désertification. Même en milieu subhumide, sous près de 600 mm de pluie annuelle, de petites formes dunaires se constituent, certes dans un contexte sableux favorable, mais perdurent là où le sol est débarrassé de son horizon organique qui joue, ailleurs un rôle stabilisant. Sous forêt, le sol subit actuellement, en raison du recul du couvert végétal et de sa dédensification, pour des raisons à la fois écologiques et humaines (défrichements, excès de prélèvements) les impacts négatifs combinés du ruissellement et du vent. Sous des conditions climatiques et écologiques moins favorables, le milieu est resté globalement stable en raison des faibles densités humaines et de la faible utilisation des terroirs de plaine, sinon comme parcours d'appoint. Les conditions pédologiques se prêtent pourtant à la dégradation, à cause de la généralité de sols à forte teneur limono-calcaire sur croûte calcaire dure, c'est-à-dire de matériaux facilement mobilisables par le vent. La conservation d'un certain couvert végétal steppique en plaine, associé à des restes de matorral sur les pentes montagneuses avait assuré la persistance de cet équilibre. La transformation des parcours extensifs en terres de culture, en plus de l'augmentation des prélèvements en bois de combustion et en UF au détriment des restes de couvert végétal naturel expliquent la dégradation progressive de nombreux terrains.

Les observations sont appuyées par des quantifications précises : celles-ci concernent avant tout le ruissellement et la perte en terre sur parcelles. Elles permettent de nuancer l'évolution des versants et les taux de dégradation en fonction de l'occupation des terres et leur mode d'utilisation.

L'analyse aboutit à une interrogation sur la durabilité d'utilisation des terres marginales sélectionnées (versants à griffes et rigoles, bassins à terres limoneuses connaissant une intense déflation...) et même des terrains considérés comme stables, mais menacés soit par l'épuisement des ressources en eau, soit par la perte de fertilité des sols.

Comparaison des phénomènes d'érosion entre le Nord et le Sud de l'Europe : ampleur des problèmes et nature des mécanismes. Rémy, Jean-Claude* et Yves Le Bissonais**, *ENSA-INRA UFR de Science du sol, 2 place Viala 34060, Montpellier, France, **INRA Service d'étude des sols et de la carte pédologique de France, Domaine de Linères 45160, ARDON.

L'érosion hydrique concerne en Europe plusieurs millions d'hectares, causant de nombreux dégâts dans les zones d'atterrissement des matériaux, ainsi qu'une perte durable de la fertilité dans les zones concernées. Dans tous les cas, l'intervention de l'homme est lourdement impliquée par les pratiques agricoles actuelles et le non respect des règles élémentaires d'entretien des sols et par l'abandon par commodité des techniques anti-érosives. Le problème est suffisamment sérieux pour justifier un programme européen d'évaluation et de lutte contre l'érosion.

En prenant en compte le schéma classique d'analyse des risques d'érosion comportant :

- l'évaluation de l'agressivité des pluies,
- le relief et le schéma d'écoulement des eaux,
- la susceptibilité du matériau sol au détachement et au transport,
- la dynamique d'évolution des états de surface, y compris le couvert végétal,

on peut mettre en évidence les différences de comportement entre le Nord et le Sud de l'Europe.

Le Nord de l'Europe est essentiellement caractérisé par un climat maritime, avec une pluviométrie relativement bien répartie, avec des épisodes pluvieux assez longs et d'intensité faible à moyenne. Les sols, en grande partie limoneux, avec un taux d'argile compris entre 10 et 30 % ont été cultivés de manière intensive avec une mécanisation croissante. Le taux de matière organique est passé en 30 ans et 2,5 % à 1,6 %, rendant ces sols beaucoup plus sensibles à la battance et à l'érosivité. En outre, les remembrements ont conduit à modifier le parcellaire en accroissant les surfaces des parcelles, en supprimant les baies et fossés, augmentant de façon spectaculaire, les longueurs de circulation des eaux sans obstacles. En conséquence, malgré de faibles pentes, inférieures à 5 %, les dégâts d'érosion sont de plus en plus fréquents et de gravité croissante.

Des solutions à cette dérive existent. Elles comprennent un renforcement de la gestion organique des terres pour restaurer la stabilité de structure du sol et l'entretien de la bioturbation des sols par les auxiliaires de la faune du sol, une politique de couverture maximale du sol pendant l'hiver, une réhabilitation des haies et fossés dans un parcellaire redessiné.

Dans les régions Sud de l'Europe, les sols sont beaucoup plus variés et pentus, et donc de susceptibilité très différente à l'érosion. Par contre le climat, essentiellement de type méditerranéen, présente des épisodes pluvieux beaucoup plus agressifs, avec des quantités comparables, mais une répartition beaucoup plus aléatoire et surtout des intensités très élevées pouvant atteindre ou dépasser 100 mm/h. C'est ainsi que plus de 90 % des pertes en sol annuelles peuvent être enregistrées en une seule pluie. En raison de températures plus élevées, du recours à l'irrigation, et du travail du sol, la minéralisation de la matière organique est plus rapide, avec des restitutions souvent plus faibles que dans les régions nordiques. La conséquence est l'observation de teneurs en matière organique très faible, parfois inférieure à 1 % dans les sols viticoles ou dans les vergers. Le tassement par les nombreux passages d'engins et le désherbage chimique contribue à imperméabiliser les sols agricoles et à favoriser largement le ruissellement au détriment de l'infiltration. Des épisodes catastrophiques peuvent ainsi être observés. Plus récemment, des recherches ont été entreprises sur des petits bassins versants expérimentaux pour mieux connaître les cycles hydrogéochimiques des eaux dans ces contrées pour dégager des règles de bonne gestion du territoire, en reconsidérant le parcellaire en fonction du relief de manière à réduire le libre parcours moyen de l'eau, et en étudiant des modes d'entretien du sol limitant les risques de ruissellement et d'érosion en associant bandes enherbées et travail du sol. Le devenir et le transfert des pesticides sont également étudiés, à la fois comme traceur de l'érosion et en tant que risque de pollution des sols et des eaux.

Session I: Gestion des sols et des cultures

Influence à court terme du système de culture en rotation seigle-pomme de terre avec engrais vert, BRF (bois raméal fragmenté) ou compost sur le sol et sur la pomme de terre. F. Pagé*, Centre de recherche et d'expérimentation en sols, MAPAQ. 2700 Einstein, Sainte-Foy, Québec, G1P 3W8. B. Otrysko, Centre de recherche et d'expérimentation Les Buissons, MAPAQ, C.P. 455, Les Buissons, Québec, G0H 1H0.

Cette recherche vise à vérifier s'il est possible grâce à un système de culture en rotation et à des amendements organiques d'accroître le rendement et la qualité de la pomme de terre tout en réduisant l'incidence de *Rhizoctonia solani* et de *Streptomyces scabies* (gale). Les traitements suivants ont été appliqués en parcelles disposées en blocs aléatoires : 1. Monoculture de pomme de terre, 2. Seigle appliqué comme engrais vert / pomme de terre, 3. seigle grainé avec enfouissement de la paille / pomme de terre, 4. seigle grainé avec enfouissement de la paille et de BRF / pomme de terre, 5. seigle grainé avec enfouissement de la paille et de compost / pomme de terre. L'étude porte sur les résultats de la deuxième année de l'expérience, soit l'année de culture de la pomme de terre. Des résultats significatifs ($p < 0,05$) ont été obtenus avec les traitements de culture en rotation couplés à des apports de BRF ou de compost:

Le traitement avec compost a permis d'augmenter dans le sol les teneurs en C et N totaux, et en P, K, Ca et Mg échangeables. Ce traitement a contribué à accroître le rendement en pomme de terre.

1. Le traitement avec BRF a occasionné dans le sol une augmentation du pH et du pourcentage d'humidité et une diminution de la teneur en $N-NO_3^-$. Il a permis d'augmenter le rendement, la densité relative et la quantité de matière sèche de la pomme de terre. Il a occasionné une baisse de la teneur en N de la pomme de terre ainsi que de l'indice chlorophyllien de ses feuilles.
2. Aucune différence significative de l'incidence de *Rhizoctonia solani* a été observée entre les traitements. L'incidence de la galle a été la plus élevée sous la monoculture, et la plus faible sous la rotation de culture avec BRF.

Influence de cultures intercalaires sur le rendement du maïs-grain et sur les propriétés physiques et chimiques du sol. Vézina, L.¹, Marcoux, A., Trudelle, M.², Côté, D.¹, Mailloux, A.³ et G. Tremblay⁴. ¹Centre de recherche et d'expérimentation en sols, MAPAQ, Sainte-Foy, ²F. Bernard inc., Saint-Hyacinthe, ³Coopérative fédérée de Québec, Sainte-Rosalie, ⁴Centre de recherche et d'expérimentation agricole, MAPAQ Saint-Bruno.

Des expériences ont été conduites dans la région de Saint-Hyacinthe, au Québec, du printemps 1994 à l'automne 1996. Cinq espèces et mélanges de plantes fourragères ont été ensemencés comme plantes intercalaires avec le maïs-grain (trèfle rouge, luzerne annuelle, luzerne vivace, ray-grass vivace et le mélange B) selon trois modes de semis (simultanément au semis de maïs sur toute la surface, dans les entrerangs ou en postlevée hâtive), tandis que dans d'autres parcelles aucune plante compagne n'était semée afin qu'elles servent de témoins. Les traitements de plantes intercalaires effectués à Sainte-Rosalie n'ont pas exercé d'effet notable sur les teneurs en éléments minéraux majeurs du sol P, K, Ca et Mg. Par contre, des effets sur des propriétés physiques du sol ont été mesurés. Des trois légumineuses mises à l'essai, le trèfle rouge a été la seule espèce, lorsque semé sur toute la surface avec le maïs ou en postlevée au moment d'un sarclage hâtif, à améliorer le diamètre pondéré des agrégats et la porosité totale d'une argile lourde Sainte-Rosalie. Quant aux graminées fourragères, le ray-grass vivace et la fléole des prés du mélange B, leur influence sur le sol n'a pu être mesurée isolément, les parcelles étant infestées de graminées annuelles adventices non réprimées par des herbicides qui auraient détruit les plantes intercalaires. Ces plantes nuisibles ont contribué à modifier favorablement la structure du sol. L'arrière-effet azoté du trèfle rouge, cultivé comme plante intercalaire, sur la croissance et la production du blé de printemps n'a été mesuré qu'une seule année sur deux, sur le loam sablo-argileux Du Contour. Les mesures de rendements et de reliquats d'azote à la récolte indiquent un arrière-effet environ 50 kg/ha N par 1 000 kg/ha M.S. de trèfle rouge enfoui dans le sol l'automne précédent. Les plantes intercalaires ont toutes occasionné, durant la saison de végétation très sèche de 1995, à Sainte-Rosalie sur une argile lourde Sainte-Rosalie, de fortes réductions de rendement en grains. Durant les années 1994 et 1996, le trèfle rouge ensemencé avec le maïs sur toute la surface du sol a causé un fléchissement de la production, tandis que les couverts denses de mauvaises herbes graminées annuelles associés aux semis de ray-grass vivace et du mélange B ont aussi été la cause d'une réduction des rendements en 1996. La nuisance du trèfle rouge n'a toutefois pas été constatée à Saint-Hyacinthe sur un loam sablo-argileux Du Contour. Quant aux semis de légumineuses faits entre les rangs ou en postlevée hâtive, ils n'ont pas entraîné de réduction des rendements du maïs. Le semis d'un hybride de maïs plus hâtif, soit un hybride 2 600 U.T.M. plutôt que 2 775 U.T.M., ne s'est pas avéré avantageux; la production d'une culture intercalaire de luzerne vivace n'ayant été favorisée qu'une année sur deux, avec comme conséquence une réduction du rendement en grains du maïs.

Impact de doses élevées de résidus de désencrage sur l'établissement et la fixation symbiotique d'azote de quatre légumineuses fourragères. I. ALLAHDADI, C.J. BEAUCHAMP et F.-P. CHALIFOUR, Département de phytologie, Université Laval, Québec (Québec), Canada G1K 7P4.

Les résidus de désencrage (RDD) sont des résidus ligno-cellulosiques dont le rapport C/N est supérieur à 200. Leur utilisation à des doses élevées, comme amendement organique au sol pour les plantes cultivées, est limité par ce rapport C/N élevé, qui entraîne une immobilisation de l'azote. La présente étude porte sur l'utilisation de légumineuses fourragères (LF) fixatrices d'azote (N_2) atmosphérique cultivées en présence de doses élevées de RDD. Pendant deux années consécutives (1995 et 1996), l'effet de trois doses de RDD (0, 50, ou 100 Mg matière sèche ha⁻¹ appliquées à l'automne 1994) sur la croissance et la fixation d' N_2 atmosphérique de la luzerne, du trèfle rouge, du méliot, et du lotier a

été évalué. Cette expérience a été effectuée à deux sites dans l'est du Québec (St-Augustin et Pintendre). La fixation d' N_2 atmosphérique a été estimée par trois méthodes, soit: (i) la méthode de l'abondance naturelle de ^{15}N ; (ii) la méthode de dilution isotopique de ^{15}N ; et (iii) la méthode de la différence. Pendant l'année d'établissement (1995), le rendement des LF a diminué avec la dose de RDD, sauf chez méliot. Une augmentation proportionnelle des pourcentages et quantités d' N dérivés de l'atmosphère (%N_{dda} et N_{dda}) avec les doses de RDD a été observée. Ceci s'explique par l'immobilisation de l'azote du sol qui induit la dépendance des LF vis-à-vis de la fixation d' N_2 atmosphérique. Pendant la deuxième année (1996), le rendement des LF a été relativement similaire aussi bien en l'absence qu'en présence de RDD. Sous les conditions expérimentales, la méthode de l'abondance naturelle s'avère efficace pour l'évaluation de la fixation d' N_2 atmosphérique.

Effets de la fréquence du maïs-ensilage dans la rotation et de l'application de divers amendements organiques sur les teneurs en matière organique et la biomasse microbienne du sol. Mérisier, M.-J., A.N'Dayegamiye et A. Karam², CRES, MAPAQ. Comp. Scientifique, B 1. 205, 2700, rue Einstein, Sainte-Foy, QC, G1P 3W8, ²Équipe de Recherche en Sols Agricoles et Miniers (ERSAM), Université Laval, Sainte-Foy, Québec, Canada G1K 7P4.

Les monocultures de maïs contribuent à diminuer le niveau de la matière organique (M.O.) du sol. Cela démontre qu'il est nécessaire d'introduire des rotations dans ce système de production. Quelques études réalisées au Québec ont indiqué que les rotations de Maïs-Céréales, telles que pratiquées par les producteurs dans la plaine de Montréal, conduisent à une diminution de la M.O. surtout lorsqu'elles sont associées au travail intensif du sol. C'est pourquoi, des apports périodiques d'amendements organiques sont recommandés pour maintenir un niveau adéquat de la M.O. dans le sol et rehausser l'activité biologique des sols. Cette étude consistait à déterminer les niveaux de M.O. après 3 cycles de rotations (Céréales-Maïs et Céréales-Maïs-Maïs) et de 3 apports d'amendements organiques : paille, sciure et fumier (20 t/ha). Le dispositif expérimental était un split-plot ayant en parcelles principales la fréquence du maïs-ensilage dans la rotation et en parcelles secondaires les divers amendements organiques et le témoin. Après 10 ans d'essais, le contenu en M.O. du sol était plus élevé dans la rotation céréales-maïs que la rotation Céréales-Maïs-Maïs. Cependant, l'effet de la rotation sur la M.O. du sol était faible comparativement à celui des amendements organiques. L'analyse des contrastes a mis en évidence le rôle prépondérant du fumier et de la sciure sur la croissance de la M.O. du sol étudié. En effet, le calcul des écarts d'augmentation de M.O., pour chaque traitement, en tenant compte de la teneur initiale en 1986 et finale en 1996, montre une augmentation moyenne de 7 % pour le témoin, de 26 % pour la sciure, de 21 % pour la paille et de 41 % pour le fumier. L'influence des amendements organiques sur la teneur en M.O. du sol suit cet ordre croissant : Témoin < Paille < Sciure < Fumier. Finalement, l'apport d'amendements organiques a également contribué à augmenter la teneur en carbone organique des substances humiques. Cette étude démontre un effet plus rapide des amendements organiques sur la teneur en carbone et en substances humiques, comparativement à la rotation.

Soil physical properties under different mechanical weeder treatments. J. Richman* and G.R. Mehuys, University McGill, Ste-Anne-de-Bellevue, Québec.

Increasing public concern about the use and abuse of agricultural chemicals has prompted research into alternative methods of controlling undesirables, such as weeds, in agricultural fields. The purpose of this experiment was to evaluate the effects of different mechanical weeders on several soil physical properties. The experiment was carried out over two seasons, on field beans and carrot crops on a mineral soil site (Ste-Anne-de-Bellevue), and on carrot and lettuce crops on organic soil (Ste-Clothilde). The treatments on the mineral soil included a control (no weeding), manual weeding, Bezzeries weeder, Buddingh weeder, Rabewerk weeder, rotary hoe, and conventional treatment (control of weeds with herbicides). The organic soil site received the same treatments as the mineral soil site, except a rototiller was used instead of the rotary hoe. Soil compaction (bulk density) and water content in the tractor wheel and the inter-row areas were sampled on a bi-weekly basis in each treatment. The mineral soil was sampled for dry and wet aggregate size distributions at the beginning and the end of each season in the inter-row areas, and the samples were dry and wet sieved in the lab. The soil properties observed in each treatment will serve as an indication of the suitability of the weeding implements for use in the crops grown on mineral or organic soils.

Gestion durable de l'eau, de la biomasse et du sol pour assurer une production alimentaire et énergétique suffisante dans le cas des plateaux à forte population du Burundi. Théodomir Rishirumhirwa* et Éric Roose**, *Pédologue, EPFL, DGR/IATE-Pédologie, Ecublens, CH 1015, Lausanne, Suisse et Av. Frans Van Kalken, 3-41, B 1070, Bruxelles, Belgique, **Dr en pédologie, LCSC, Centre ORSTOM, BP 5045, F 34032, Montpellier, FRANCE.

Les tropiques humides d'altitude sont caractérisées par des sols acides très désaturés, carencés en phosphore, à très faible potentiel de production. Ces sols ferrallitiques sont observés notamment dans les régions bananières des Grands Lacs en Afrique orientale où les densités de populations sont très élevées (500 à plus de 1 000 habitants au km²) sur des collines à fortes pentes.

Les agriculteurs de ces régions ont développé des systèmes de production basés sur la concentration et le recyclage des matières organiques sur la bananeraie et les cultures associées autour de l'habitat et de l'étable. Parallèlement, ils font appel aux techniques de lutte antiérosive principalement les associations culturales, la fumure organique et le paillage.

On a analysé ailleurs les pertes en eau et en terre sous bananiers (Rishirumhirwa, 1997). On a démontré qu'on pouvait réduire les risques de ruissellement et d'érosion en utilisant les résidus de la bananeraie pour réaliser un paillage partiel en bandes (Rishirumhirwa, 1996). Mais le problème consiste maintenant à augmenter et à optimiser la production de biomasse sur des exploitations dont la taille est réduite de 1 à 0,5 ha lorsque les jachères et les terrains domaniaux

disparaissent.

L'article se propose de montrer l'optimisation de l'usage de la biomasse en vue de produire la nourriture, le bois de chauffe, le fourrage et le paillage selon deux scénarios correspondant à deux niveaux de pression démographique. Pour obtenir suffisamment de biomasse, il faut introduire des techniques de diversification des sources de biomasse par l'agroforesterie (arbres et haies vives) et par l'intensification de l'agriculture à l'aide d'engrais minéraux. L'article montre que la durabilité des exploitations de plus d'un ha est atteinte si on fait appel à l'agroforesterie et à l'usage d'un minimum d'engrais minéraux, par contre, dès que la pression foncière réduit la taille des exploitations à 0,5 ha, on observe forcément un déficit de la production vivrière et énergétique. Actuellement, 40 % des exploitations sont dans ce cas et tentent de vendre leur capacité de travail pour combler ce déficit. Par ailleurs une partie des pailles de sorgho sont brûlées à la cuisine, ce qui accélère la dégradation des sols.

Critères provisoires pour la valorisation des matières résiduelles fertilisantes. Marc Hébert et Richard Beaulieu, Service de l'assainissement agricole et des activités de compostage, Ministère de l'Environnement et de la Faune.

Depuis la parution en 1987 de la première édition du Guide de bonnes pratiques - valorisation agricole des boues de stations d'épuration des eaux usées municipales, l'intérêt pour la valorisation de résidus municipaux et industriels de toutes sortes sur les sols agricoles n'a cessé de croître. Durant la même période, différents projets de recherche, de normalisation et de réglementation ont vu le jour au Québec et à l'étranger. Il était donc devenu nécessaire d'actualiser les critères québécois de valorisation, en maintenant comme objectifs de préserver la qualité de l'environnement tout en favorisant la valorisation des résidus de bonne qualité. C'est pourquoi le MEF a publié en avril 1997 le document intitulé «Critères provisoires pour la valorisation des matières résiduelles fertilisantes».

Le but de la présentation est d'indiquer à quels types de projets ces nouveaux critères s'appliquent et de présenter succinctement les critères et leur origine, selon le type d'activité (épandage, entreposage temporaire, compostage, fabrication et utilisation de terreaux). Les auditeurs seront éventuellement appelés, par le biais de divers organismes, dont l'AQSSS, à commenter les Critères provisoires lors d'une consultation publique à venir, cela en vue d'une révision du document. Entre temps, le document est disponible auprès des directions régionales du MEF.

Les activités agricoles et leur impact sur la dégradation des sols dans le Maroc semi-aride : cas des collines et des basses montagnes du Prérif oriental. Tribak, A., Département de Géographie, Université Chouaïb Doukkali, El Jadida, MAROC

Les montagnes du Prérif oriental constituent un milieu très fragile et sensible, peu épargné par une forte pression démographique. Les transformations imposées à ce milieu par les activités humaines sont considérables. Elles se traduisent par une dégradation accrue de l'environnement, dont l'aggravation et la généralisation des phénomènes érosifs constituent la signature dominante. Ainsi, l'extension démesurée des activités agricoles (environ 60 % de la SAU), le défrichement des terrains marginaux et sensibles, le morcellement des parcelles, le recul de la jachère, le choix de cultures peu couvrantes, l'insuffisance des apports d'engrais, et l'utilisation de la mécanisation parfois sur des pentes assez fortes, constituent toutes des actions en vertu desquelles l'érosion et la dégradation des sols s'accroissent dans la région.

Le report hydrique comme principal critère de prédiction du rendement du mil en zone soudano-sahélienne. Valet, S.* et P.S. Sarr**. *Université de Poitiers, Sciences Fondamentales et Appliquées, Laboratoire de Pédologie, 40, Ave du Recteur Pineau, 86022 Poitiers, Cedex. FRANCE. **ISRA- Institut Sénégalais de Recherche Agronomique, B.P. 199, Kaolack, SÉNÉGAL.

En zone soudano-sahélienne, le ruissellement et l'érosion concomitante, malgré la forte sécheresse apparue en 1968, affectent tous les écosystèmes accroissant exponentiellement leur dégradation. Son effet, s'opérant et sur la baisse de fertilité des sols et sur celle de l'alimentation en eau des cultures, provoque une baisse drastique des potentialités agricoles du milieu. Elle explique la chute de la production vivrière et l'impossibilité d'implanter une agriculture intensive durable. De nombreux chercheurs ont démontré le rôle primordial de la satisfaction hydrique sur la production agricole, quel que soit le climat, et de l'effet dommageable du stress hydrique lors des phases sensibles de la culture.

Ainsi, la connaissance du fonctionnement hydrique des écosystèmes s'avère indispensable pour le choix de techniques pour maîtriser l'érosion et stopper cette dégradation avant l'implantation d'un type d'agriculture durable (culture traditionnelle améliorée ou intensive). L'étude de versants situés en conditions pédoclimatiques contrastées a permis de démontrer l'existence d'un report hydrique naturel (runon). Ce dernier est une composante bénéfique du ruissellement qui se définit comme une *"irrigation complémentaire simultanée à la pluie qui l'a générée en fonction de l'évolution de l'état de surface"*.

Tout au long de la saison des pluies, le report hydrique simulé explique de 30 à 56 % la variance des profils d'humidité mesurée sur 1.8 m de profondeur. C'est ce report hydrique qui explique la grande variabilité des rendements observée sur les versants comme à la parcelle, avec une moyenne de 437.9 kg ha⁻¹ et avec des extrêmes de 0 à 1 364 kg ha⁻¹. en effet, avec la prise en compte du report hydrique, la corrélation entre l'alimentation en eau et le rendement s'améliore de 31 % (R² de 83.3 % à la probabilité dépassée de 0.01).

Désormais l'identification des critères de formation du report hydrique et son estimation sont nécessaires pour comprendre l'élaboration du rendement des cultures vivrières en zone à risque de stress hydrique sur les différents écosystèmes. Seule cette approche, basée sur le *concept de gestion et valorisation agro-forestière du report hydrique*, en maintenant ou en créant le report hydrique, mais en lui ôtant toute compétence érosive, permettra une restauration rationnelle des paysages pour une utilisation durable.

Effet du compactage du sol sur la partie aérienne et l'enracinement de l'amarante (Xochimilco, México). Fernando De Leon, Fidel Payan, Guillermo Perez et Verónica Nava, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco. Laboratoire de Physiologie et Technologie des Cultures

Une étude sur les relations entre le compactage et la production d'amarante (*A. hypochondriacus*) a été démarrée au sud de la Ville de Mexico, dans une zone productrice de cette culture autochtone. Dans ce travail nous présentons les résultats du premier cycle de une étude dont la durée prévue est de trois ans. L'objectif porte sur l'analyse de l'effet de la profondeur du compactage du sol sur la croissance de l'amarante. Deux sub-parcelles présentant une couche du sol très compactée à différentes profondeurs, (S), tassé à 10-15 cm, et (I), tassé à 20-25 cm du profil ont été comparées. Les paramètres retenues sont : hauteur, surface foliaire, nombre de feuilles, enracinement principal et adventice, et rendement. Le compactage a été identifié et mesuré avec un pénétromètre digital. La résistance à la pénétration pour les deux sub-parcelles dans la couche tassée a atteint invariablement des valeurs > 3MPa. Les plantes d'amarante en (S) ont montré une réduction de 46 % par rapport à la situation (I) ($p < 0.02$). Les racines adventices provenant de la base de la tige ont été très prolifiques dans les deux situations, et sa longueur représente 3 fois celle des racines principales. Ces premiers résultats montrent que le compactage superficiel se traduit en plantes plus courtes avec un rendement inférieur par rapport à la situation moins défavorable (I). Il semble que le système racinaire de l'amarante est très lié aux pratiques agricoles de la région.

Session II: Mesure et processus d'érosion et études de bassins versants

Effet du travail du sol et des apports organiques sur l'érodibilité des sols des Rougiers de Camarès (sud de la France). B. Barthès*, A. Albrecht, J. Asseline, G. De Noni, E. Roose, M. Viennot, ORSTOM-LCSC. BP 5045. 34032 Montpellier cedex 1. FRANCE.

Dans la petite région des Rougiers de Camarès, au sud du Massif Central, l'érosion hydrique provoque une dégradation des sols, en particulier sur les versants cultivés des collines, et une dégradation des infrastructures. L'objectif des travaux présentés était d'évaluer l'effet du travail du sol et des apports organiques sur la sensibilité du sol à l'érosion, ou érodibilité.

Les pratiques locales de travail du sol et d'apport de fumier ont été identifiées, sur la base d'enquêtes chez les agriculteurs. Des prélèvements de sol chez les mêmes agriculteurs ont ensuite permis d'apprécier l'effet de ces pratiques sur quelques propriétés du sol.

Des essais ont également été conduits en parcelles expérimentales d'avoine, afin d'évaluer l'effet de cinq types de travail du sol et de trois types d'apport sur le profil cultural, la teneur en carbone du sol, le ruissellement et l'érosion sous pluies simulées, ainsi que sur les rendements. Les types de travail du sol testés étaient le labour à plat conventionnel, le labour à plat avec mulch, le labour dressé, le travail superficiel au vibroculteur et le semis direct; les apports testés étaient l'engrais, le fumier et le compost.

L'observation des profils culturaux révèle une forte compaction sous labour dressé et une faible différenciation sous semis direct. Les analyses montrent le maintien voire l'augmentation de la teneur en carbone à 0-10 cm de profondeur en travail superficiel, semis direct et en cas d'apports organiques. La simulation de pluies sur sol nu met en évidence des ruissellements importants dans toutes les situations, les pertes en terre étant élevées surtout lorsque l'horizon superficiel est pauvre en carbone (labours notamment). La simulation de pluies sur sol couvert de sa végétation montre des ruissellements importants sans apport d'engrais ni mulch, mais des pertes en terre faibles dans l'ensemble. La mesure des rendements associe les maxima à l'apport d'engrais, les minima au semis direct, avec un effet positif de la teneur en carbone du sol.

La synthèse des résultats conduit à recommander la limitation de la profondeur de travail du sol, la conservation du carbone du sol (apports organiques, prairies dans l'assolement ...), la couverture du sol, l'apport d'engrais (pour le rendement) et la gestion de l'eau à l'échelle des versants (ruissellements élevés sur sols nus).

Spatialisation, quantification et cartographie des problèmes érosifs à l'échelle d'un bassin versant agricole par un radio-isotope : le ¹³⁷Cs. Lionel Mabit¹, Claude Bernard² et Marc R. Laverdière³. ¹Centre de Biogéographie-Écologie, CNRS UMR 180, ENS Fontenay-Saint-Cloud, Le Parc, 92211 Saint-Cloud, France, Tél: (33-1) 41 12 35 00 Fax: (33-1) 41 12 35 40, ²MAPAQ, Centre de recherche et d'expérimentation en sols, 2700, rue Einstein, Sainte-Foy (QC), Canada, G1P 3W8, ³Université Laval, Département des Sols, Sainte-Foy (QC), Canada, G1K 7P4.

L'érosion des sols et la qualité de l'eau sont deux problématiques imbriquées et indissociables. Outre les pollutions urbaines et industrielles, les pollutions diffuses agricoles contribuent à une eutrophisation des hydrosystèmes ce qui entraîne une limitation coûteuse de leurs divers usages originels. Au début des années 1970, la mesure de l'érosion hydrique des sols par des radio-traceurs a été initiée par les chercheurs anglo-saxons. De part ses multiples prédispositions (propriétés physico-chimiques, comportement environnemental) et sa diffusion mondiale, le Césium-137 (137C) fut l'un des plus usités pour inventorier l'état de dégradation des sols. Les auteurs ont utilisé cette méthode d'investigation sur un bassin versant agricole en France dans le Soissonnais (Vierzy) avec pour objectif la prévention en amont des pollutions diffuses au sein des agrosystèmes. Un bilan érosif interne et externe ont été établis. Les processus érosifs ont été spatialisés, quantifiés et cartographiés. La réalisation d'une telle cartographie des zones à risque des agrosystèmes peut permettre une application raisonnée de l'agriculture durable pour conserver et gérer les ressources couplées eau/sol.

Recherches et travaux appliqués sur l'érosion du sol en Turquie. Prof. Dr. Orhan Dogan, Directeur, Institut Recherche Services Ruraux, B.P. 253 Bakanliklar - Ankara/TURQUIE

D'après les mesures faites depuis longtemps, la quantité de sédiments dus à l'érosion et transportés par les cours d'eau est environ 500 millions tonnes par an pour toute la Turquie. Selon les données de 26 bassins versants existant, la teneur en sédiments de la surface unitaire est de 626 tonnes/an/km².

Dans l'ensemble des terrains agricoles, forestiers et de pâturage, 57.6 millions hectares de terres ont des problèmes dus à l'érosion hydrique et éolienne.

Jusqu'à présent, une superficie de 3.5 millions hectares est mis sous le contrôle continu par les travaux de la conservation du sol (Terrassement, reboisement, mesures biologiques et culturales etc.).

On a également effectué les recherches sur la conservation du sol et de l'humidité du sol, la détermination des paramètres de l'équation universelle de perte en terre pour la Turquie, les mesures de l'érosion, la cartographie de l'érosion et les mesures végétatives et culturales contre l'érosion.

Dans cette communication, les recherches de quelques mesures préventives contre l'érosion des sols étant un grand problème pour la Turquie seront présentées en résumé.

Événements érosifs rares au Nord-est du Portugal : résultats à long terme sur des parcelles d'érosion de terrain caillouteux du vignoble de la Vallée du Douro. Tomas de Figueiredo*, Escola Superior Agraria de Bragança, Apartado 172, 5300 Bragança, Portugal, Jean Poesen, Laboratoire de Géomorphologie Expérimentale, Université Catholique de Louvain, Belgique et Alfredo Gonçalves Ferreira, Universidade de Évora, Portugal.

La Région du Douro, où les vignobles du vin de Porto sont cultivés sous climat méditerranéen, se caractérise par des pentes abruptes et des sols franc limoneux, caillouteux et pauvres en matières organiques. Le remplacement des terrasses traditionnelles par des alignements de vignes épousant la pente a été encouragé. Les pertes de sol et d'eau de ruissellement, mesurées pendant dix années sur des parcelles de 32 m de long sur 5,2 m de large, aménagées pour tester cette technique, ont clairement montré l'importance relative des événements érosifs rares intenses qui font l'objet de ce rapport.

La forte pierrosité explique une perte annuelle moyenne de 361 kg ha⁻¹ seulement. Variant de 50 à 1906 kg ha⁻¹, l'érosion annuelle s'avéra le plus souvent très faible. 75 % des pertes de sols observées en 10 ans se sont produites au cours de deux années. Il est aisé d'établir une corrélation directe entre les deux événements érosifs les plus intenses et les pertes totales d'une année ($r=0,997$) et de leur attribuer la responsabilité de 65 %, en moyenne, des pertes de sol annuelles.

Sur dix ans, les deux événements les plus intenses observés (qui se sont produits à une semaine d'intervalle et ont atteint chacun plus de 800 kg ha⁻¹) ont été responsables de 45% des pertes totales de sol. Des précipitations journalières pouvant causer des événements érosifs d'une telle envergure ont une probabilité d'occurrence de moins d'une par siècle. Les événements érosifs les plus graves se sont produits entre la fin du printemps et de l'été, au moment où les averses sont moins fréquentes mais d'autant plus actives que leur occurrence est très irrégulière.

Ces résultats montrent que la prévision de la perte de sol et la conception de mesures de conservation du sol doivent tenir compte de la fréquence et de la distribution saisonnière de l'érosion.

L'étude des facteurs de l'érosion hydrique sur des versants volcaniques cultivés : une réponse à une demande de développement (Équateur - Amérique du Sud). G. De Noni* et M. Viennot, ORSTOM-LCSC-BP 5045, 34032 Montpellier cedex FRANCE.

La Sierra, qui est formée par un segment de la cordillère des Andes, est la région d'Équateur la plus affectée par l'érosion accélérée des sols agricoles. Ce constat s'inscrit à la fois dans un contexte physique particulier de haute montagne tropicale et dans un contexte socio-économique, particulier aussi, caractérisé par une évolution historique qui a provoqué, par étapes successives, de profondes modifications sociales à l'origine de la formation d'un petit paysannat local le "minifundio". Au cours des 30 dernières années, l'extension du minifundio sur des versants aux pentes fortes (20-70 %) a provoqué l'accélération des phénomènes d'érosion linéaire. Pour étudier les facteurs de l'érosion, nous avons installé des parcelles de ruissellement dans des sites regroupant un certain nombre de critères représentatifs de la Sierra : différents types de pentes et d'altitudes, de spécificités climatiques, de roches, de formations superficielles, de sols et d'utilisation de l'espace. En raison de la demande précise du gouvernement équatorien pour des solutions d'aménagements anti-érosifs, nous avons décidé de tester sur les parcelles l'efficacité de quelques techniques conservatoires définies précédemment sur la base d'un diagnostic de l'environnement physique et humain de l'érosion. Autrement dit, en choisissant ce type de démarche, il ne s'agissait pas pour nous de caractériser l'ensemble des flux de terre et d'eau qui caractérise l'évolution du versant ou de tenter d'appliquer la méthode américaine de Wischmeier sinon de suivre le déclenchement et le fonctionnement des dynamiques en fonction des modes de cultures et des calendriers agricoles. Au total, 7 sites, comprenant 26 stations de mesures de l'érosion, ont été équipés. Les résultats obtenus ont permis de préciser notamment le comportement des andosols sous culture et de hiérarchiser le rôle des facteurs de l'érosion. Une attention particulière a été portée aux mesures de conservation du sol, notamment pour ce qui concerne leur performance technique, leur adaptabilité au contexte social et leur contribution à l'amélioration des rendements.

Relation entre le ruissellement et les pertes en terre sur sols sableux en zone soudanienne humide du Nord-Cameroun. Z. Baboule, Boli*¹ et E.J. Roose², IRAD B.P. 163, Foubot, CAMEROUN. ²ORSTOM Montpellier, B.P. 5045, 911, av. Agropolis, Montpellier 34032, FRANCE.

Les effets des pratiques culturales sur la dégradation et l'érosion des sols sableux de la zone soudanienne humide du Nord-Cameroun sont évalués sous une rotation intensive cotonnier-maïs en parcelles d'érosion de 100 à 200 m². Le ruissellement moyen annuel (en % des pluies) et les pertes en terres grossière annuelles (en t/ha/an) sont considérés comme des révélateurs de fonctionnement de ces sols. Au terme de 4 années (1991 à 1994) de mesures sur 42 parcelles d'érosion en 3 blocs, soit environ 1 270 pluies-parcelles, l'analyse globale de la variance des résultats des traitements montre que le ruissellement est plus sensible que les pertes en terre aux états de surface créés par les pratiques culturales.

En comparant les couples ruissellement-pertes en terre grossière des 4 traitements représentatifs des principaux systèmes de préparation de sol (labour conventionnel avec et sans culture, labour paillé et sous litière), on obtient une relation linéaire forte entre les pertes en terre ($y : t/ha/an$) et le ruissellement annuel moyen ($x : \% pluies$) de la forme $y = 0,56x - 1,55$ avec $r^2 = 0,74$.

Mais on note que si d'une façon générale, aux faibles ruissellements correspondent des pertes en terre faibles, les forts ruissellements ne sont pas toujours accompagnés de pertes en terre élevées. L'érosion apparaît ainsi comme un phénomène plus complexe que le ruissellement. Elle nécessite en plus, non seulement un détachement des particules préalable à leur transport, mais aussi une compétence du ruissellement pour assurer ce dernier. Il apparaît donc que pour un système de culture donné, la prédiction des pertes en terre à partir du ruissellement est possible à condition de maîtriser l'évolution des états de surface du sol au cours de la période d'étude considérée.

Analyse spatio-temporelle de l'érosion en zones limoneuses de grande culture (Nord-Ouest de la France).

Micheline Eimberck*, Boris Bonnaud, Collaboration de Alain Couturier. INRA, Ardon, 45 160 Olivet FRANCE.

S'inscrivant dans un programme global d'érosion des sols limoneux de grande culture du Nord-Ouest de la France, l'objectif de ce travail était de déterminer à l'échelle d'une unité de fonctionnement (bassin-versant), la permanence et l'influence des phénomènes érosifs sur la redistribution spatio-temporelle des horizons supérieurs des sols limoneux.

L'étude est réalisée sur un bassin-versant de 350 ha constituant, par ailleurs, un site atelier pour le suivi de l'érosion hydrique agricole depuis plusieurs années. Les NEOLUVISOLS (Luvisols faiblement lessivés) composant l'essentiel de la couverture pédologique du bassin-versant, sont caractérisés par des horizons A limoneux et des horizons BT argilo-limoneux d'épaisseur très variable. La prospection pédologique réalisée au 1/5 000 - tout en montrant l'importance des remaniements de certains solums - n'a pas permis d'établir des relations directes et systématiques entre la variabilité des épaisseurs et la topographie. On a donc cherché à établir des corrélations d'ordre statistique entre variables pédologiques, évolution du parcellaire et données morphologiques issues d'un MNT réalisé par ailleurs.

Le travail s'est appuyé sur une typologie de profils d'érosion, établie à partir des levés cartographiques et le croisement de variables pédologiques et de variables morphométriques dérivées du MNT.

Les premiers résultats ont montré que :

- les épaisseurs des horizons A limoneux et des horizons BT argilo-limoneux ne sont pas corrélées aux mêmes variables morphométriques. Ceci confirme l'hypothèse d'un remaniement plus ou moins profond des horizons limoneux de surface, indépendamment des horizons BT plus profonds (conformément aux observations de profils);
- les corrélations les meilleures sont obtenues, pour les horizons de surface, avec les variables hydrologiques (convexité, surface contributive, indice d'humidité) qui sont aussi explicatives du ruissellement et de l'érosion diffuse. La redistribution des horizons de surface dans l'unité de pédopaysage serait le résultat de processus hydrologiques.

Expérience avec le projet du ruisseau Turmel. P. Baril*, et J. Gallichand, *BPR Ingénieurs, Dép. des Sols et Génie agroalimentaire, FSAA, Université Laval, Ste-Foy, QC

La qualité de l'eau de surface est un problème aigu dans plusieurs régions de production animale. Le contrôle de la qualité de l'eau au niveau du bassin versant émerge en tant que procédure pour diminuer la pollution en provenance des sources ponctuelles et diffuses. Les objectifs de cette présentation sont de présenter les procédures utilisées pour mettre en place les interventions sur un bassin versant expérimental de 5.3 km carrés, et d'évaluer l'effet des interventions sur la qualité de l'eau. Une station de jaugeage a été installée, pour mesurer le débit et douze paramètres de qualité de l'eau, à l'exutoire du bassin versant expérimental et à celui d'un bassin témoin. Le dispositif expérimental était tel que les interventions ne furent effectives qu'après une année suivant le début du programme de mesure de la qualité de l'eau, et qu'aucun changement des pratiques agricoles n'eut lieu sur le bassin témoin. Les calculs théoriques ont montré que 90 % de la pollution ponctuelle provenait des fosses à lisier et de l'entreposage des tas de fumier directement sur le sol. Le bilan des nutriments au niveau des champs a montré que 63 % des surfaces cultivées étaient en surplus de phosphore, comparé à 42 % pour l'azote. L'équilibre de la fertilisation phosphorée aurait impliqué une diminution de la population animale sur le bassin. Conséquemment, les plans de fertilisation furent basés sur le bilan azoté et incluaient un changement dans les périodes et les quantités de fumier appliquées. Le suivi de la qualité de l'eau a montré que les paramètres les plus problématiques étaient le phosphore, les coliformes fécaux et les streptocoques fécaux. L'analyse statistique en séries chronologiques a montré une réduction hautement significative dans la concentration du phosphore total et une réduction significative des streptocoques fécaux. Aucune variation significative des coliformes fécaux ne fut observée, probablement parce que quatre des six égouts domestiques rejetaient toujours leurs effluents directement dans les cours d'eau sans traitement. Notre expérience montre, qu'avec le dispositif expérimental utilisé, il est possible de détecter des changements dans la qualité de l'eau après seulement 2.6 années de suivi de la qualité de l'eau.

L'érosion des sols dans le secteur agricole de Boko (au Congo Méridional). R. M'Bayi* et G. Samba

Compris entre 4°25' et 4°52' de latitude Sud, et 14°22' et 15° de longitude Est, le secteur agricole de Boko (au Sud du Congo) est l'objet d'une importante activité érosive. L'étude de cette activité érosive est réalisée à partir des photographies aériennes avec comme facteurs discriminants : la pluviométrie, le degré de couverture du sol, la pente, l'action humaine. L'analyse des photographies aériennes a permis d'esquisser une carte des formes d'érosion, facilitant ainsi la compréhension de leur répartition spatiale et leur relation avec le milieu naturel.

Session III: Fertilisation

Fertilisation à taux variable dans la culture de la pomme de terre. Cambouris, A.N.*, Nolin, M.C. et Simard, R.R. C.R.D.S.G.C. de Ste-Foy, Agriculture et Agroalimentaire Canada.

L'application uniforme des engrais par champ est habituellement la norme dans la culture de la pomme de terre. Selon le concept de l'Agriculture de Précision (AP), l'application à taux variable des fertilisants selon les conditions du sol et les besoins de la plante aurait pour effet: 1) d'améliorer les rendements, la qualité et l'innocuité de la culture, 2) d'optimiser les intrants, 3) d'améliorer la rentabilité de l'entreprise et 4) de réduire les risques pour l'environnement. Afin de vérifier ces bénéfices, un site de 2 hectares, situé à Sainte-Croix, comté de Lotbinière, Québec, a été échantillonné sur 2 profondeurs (0-20 cm, 20-40 cm) selon une grille de 15 m x 15 m. Les paramètres analysés étaient la granulométrie, la matière organique, N, P, K, Ca, Mg, B, Cu, Zn et Mn extraits au Mehlich-III. De plus, une cartographie très détaillée des sols a été effectuée selon une grille d'échantillonnage de 30 m x 30 m. L'étude pédologique a permis l'identification de 4

séries de sols. Le site montrait une variabilité spatiale très élevée. Des cartes de P et de K, générées par krigeage à l'aide du logiciel Surfer v.6.0, ont été utilisées pour déterminer les applications à taux variable (ATV). En 1996, 3 traitements ont été implantés selon un dispositif de 4 blocs complets (6 rangs): ATV, fertilisation uniforme conventionnelle (CNV) et témoin sans apport d'engrais. Le traitement ATV comprenait 3 doses de K et 2 doses de P. Par rapport au traitement CNV, l'ATV a permis de diminuer la quantité de P_2O_5 et de K_2O apportée. Après une année de production, aucune différence significative entre le rendement vendable des traitements ATV et CNV n'a été détectée. Il n'y avait pas d'interaction significative entre les traitements et les séries de sols. Par contre, les séries de sols identifiées lors du levé pédologique intensif ont influencé significativement le rendement vendable. Le meilleur rendement (33.6 t ha^{-1}) a été observé sur le loam limoneux de la série Neubois (drainage imparfait) tandis que le rendement le plus faible (25.8 t ha^{-1}) a été obtenu sur le loam limoneux humifère de la série Le Bras (drainage très mauvais). Les résultats préliminaires de cette étude démontrent ainsi l'importance de prendre en compte la productivité potentielle des sols et la carte de sols dans l'établissement des cartes d'application à taux variable. Cette expérimentation se poursuivra en 1997-1998 pour vérifier l'effet des variations climatiques sur ces résultats et conclusions préliminaires.

Effets de l'épandage du lisier de porc en présemis ou en postlevée sur l'eau, le sol et le maïs-grain. G. Gangbazo*, D. Côté, A.R. Pesant et G. Barnet.*MEF, Dir. Écosystème aquatique, 675, boul. René-Lévesque est, 7ième étage, Québec, QC, G1R 5V7

L'objectif de ce projet était de comparer les effets de trois modes de fertilisation basés sur les besoins agronomiques du maïs-grain (*Zea mays* L., HL3195) cultivé en travail réduit du sol sur les charges d'éléments nutritifs (N,P,K) dans les eaux de ruissellement et de drainage, les rendements du maïs et les prélèvements d'éléments nutritifs, la composition chimique et les propriétés physiques et hydrodynamiques du sol. L'expérience d'une durée de 3 ans a été réalisée sur des parcelles de 45 m² de surface drainées souterrainement. Le sol est un loam limoneux Coaticook (Fragiaquept typique) avec une pente de 7 %. Les trois traitements e fertilisation répétés 7 fois chacun étaient : des engrais minéraux (EM) NPK appliqués en présemis, du lisier de porc (*Sus scrofa domestica* L.) épandu en présemis (LP-PS) et du lisier de porc épandu en postlevée (LP-PL), soit au stade 6-8 feuilles. Au printemps, toutes les parcelles étaient travaillées au vibroculteur jusqu'à 7 cm de profondeur, pour incorporer les engrais minéraux épandus à la volée et le lisier épandu en présemis dans un délai de 24 h. après l'épandage. Le lisier épandu en postlevée entre les rangs était incorporé au sol à l'aide d'un épandeur muni d'une rampe et de coutres. À l'automne, les résidus de récolte étaient hachés, puis enfouis à 15 cm de profondeur à l'aide d'un chisel. Toutes les parcelles recevaient une fertilisation minérale de démarrage à des taux moyens annuels de 17 kg N ha⁻¹, 7,1 kg P ha⁻¹ et 13,5 kg K ha⁻¹, épandue en bande au semis. Sur les parcelles fertilisées exclusivement avec des engrais minéraux, l'azote était appliqué selon les besoins agronomiques du maïs (150 kg N ha⁻¹) et la fertilisation phosphatée et potassique était ajustée selon la fertilité du sol. Sur les parcelles fertilisées avec du lisier, les taux d'épandage de lisier étaient basés sur les besoins agronomiques azotés du maïs et sur le contenu azoté du lisier. Les volumes d'eau de ruissellement et de drainage étaient mesurés séparément à l'année après chaque épisode de pluie ou de fonte de neige. Les traitements de fertilisation ont influencé les charges totales annuelles de Ptotal seulement (ruissellement et drainage combinés) : il n'y avait aucune différence entre EM et LP (en moyenne 0,42 kg Ptotal ha⁻¹ an⁻¹), mais LP-PL avait provoqué 37 % (0,14 kg ha⁻¹ an⁻¹) plus de perte de Ptotal que LP-PS. L'érosion du sol, due aux fortes pluies de juillet survenues après l'épandage du lisier en postlevée, explique probablement cette différence. Pour les autres descripteurs de qualité d'eau, les charges moyennes étaient 49,7 kg Ntotal ha⁻¹ an⁻¹ (incluant 1,56 kg NH₄⁺-N ha⁻¹ an⁻¹ et 42,5 kg NO₃⁻-N ha⁻¹ an⁻¹), 0,15 kg PO₄⁻-P ha⁻¹ an⁻¹ et 17,8 kg K ha⁻¹ an⁻¹. Le rendement en grains du maïs était de 4,7 t ha⁻¹ sur une base de matières sèches et n'a pas non plus été influencé par les traitements. À tous les autumnes, après la récolte, un reliquat de NO₃⁻-N plus élevé de 7 à 67 kg ha⁻¹ par rapport à EM a été observé pour LP-PL dans la couche 0-20 cm. Dans la couche de sous-sol (20-100 cm), le reliquat de nitrates était aussi plus élevé pour LP-PL, soit de 9 à 83 kg ha⁻¹. LP-PS a laissé un reliquat de NO₃⁻-N presque similaire à EM. Le lisier de porc a contribué à un enrichissement annuel moyen du sol de la couche arable se situant entre 18 et 32 kg P Mehlich ha⁻¹ selon que l'on considère les deux dernières ou les trois dernières années. Par ailleurs, cet enrichissement a été de 6,5 et 0 kg ha⁻¹ pour EM pour les deux mêmes périodes de temps. À la fin de l'essai, le sol (0-20 cm) dosait respectivement 215 et 297 kg P ha⁻¹ pour EM et LP, ce dernier en ayant apporté 15 kg ha⁻¹ de plus que EM au cours des trois ans. Les trois modes de fertilisation n'ont pas eu d'effets distincts sur la teneur en K, Ca et Mg assimilables, le contenu en matière organique, le pH, la porosité, la conductivité hydraulique saturée, la stabilité des agrégats et la densité apparente du sol. À la suite de cet essai de courte durée, il apparaît que l'épandage du lisier de porc en postlevée du maïs, dans les sols en pente forte, accentue les pertes de P reliées à l'érosion du sol, même lorsqu'une bonne gestion des résidus de récolte est faite. Pour le moment, il semble que ce soit la seule restriction à caractère agronomique et environnemental pour ce mode d'épandage.

Disponibilité de l'azote des fumiers au blé selon le temps d'application. Garand, M.J.*¹; Simard, R.R.¹; Hamel, C.²; Tremblay, G.³; MacKenzie, A.F.² ¹Agriculture et Agroalimentaire Canada, ²Université McGill et ³M.A.P.A.Q.

Un nombre très restreint d'études conduites sous des climats et des sols similaires à ceux du Québec documente la valeur des coefficients d'efficacité de l'azote des divers types de fumures organiques. Il ressort que les recommandations agronomiques pour la culture des céréales de printemps se fondent sur l'extrapolation d'informations obtenues sous des conditions différentes de celles prévalant au Québec. Une étude de 4 ans, débutant en 1993, a été conduite sur une argile de la série St-Urbain (gleysol humique orthique), à la ferme expérimentale du M.A.P.A.Q. à St-Bruno, afin d'obtenir des estimés des coefficients d'efficacité des fumiers pour le blé de printemps (*Triticum aestivum* L.). Du fumier de bovins laitiers, du fumier de bovins laitiers composté et du lisier de porcs ont été appliqués en pré-semis, en post-émergence et en post-récolte. Les coefficients d'efficacité les plus élevés ont été obtenus pour le lisier de porcs avec une moyenne de

65 %, temps d'application et années confondus. Ceux du fumier de bovins laitiers et du fumier de bovins composté ne présentaient pas de différences significatives de 1994 à 1996, avec une moyenne de 14 %. Sur deux des quatre années de l'étude, le temps d'application des fumiers de bovins, compostés ou non, n'a pas affecté la disponibilité de l'azote au blé. En moyenne, bien que l'effet du temps d'application s'est montré dépendant de l'année, les applications du lisier de porcs en post-émergence présentaient la moyenne la plus élevée (73 %) alors que celle en post-récolte était la plus faible avec une valeur de 36 %.

Comparaison de différentes méthodes d'évaluation de la capacité de fixation et de saturation en phosphore des sols agricoles de la région de Montérégie Est. M. Giroux^{1*}, R. Rivest², P. Leduc² et T.S. Tran¹. ¹MAPAQ-CRES; ²MAPAQ-BRA Saint-Hyacinthe

L'accumulation excessive de phosphore dans les sols agricoles peut comporter des risques pour la qualité de l'eau. Il importe de bien connaître la dynamique de cet élément dans les sols et d'établir des indices pour estimer les risques environnementaux. Une étude sur l'état du phosphore dans 100 champs de maïs de la région de Montérégie Est a été entreprise en 1996.

La capacité de fixation en P des sols a été mesurée et mise en relation avec la teneur en Al + Fe extrait à l'oxalate d'ammonium ($r = 0,82$) et avec la teneur en Al Mehlich-3 des sols ($r = 0,83$).

Différents indices de saturation ont été comparés: P Mehlich-3/P fixation, P Mehlich-3/Al Mehlich-3 et P oxalate/Al + Fe oxalate. Ces résultats démontrent que ces trois indices sont reliés entre eux et avec le phosphore soluble à l'eau. Des classes de solubilité et de saturation en phosphore des sols sont présentées. Ces résultats démontrent que le rapport P Mehlich-3/Al Mehlich-3 des sols constitue un indice de saturation en P efficace, facile à obtenir et très lié à la solubilité du phosphore.

Impact de la source d'azote et des pratiques culturales dans la production du maïs-grain sur le transport du phosphore et de l'azote dans le profil du sol. Charles Karemangingo*, M.R. Laverdière et C. Bernard.

La présente étude a eu pour but de comparer l'efficacité de la source d'azote et des modes de travail du sol sur le lessivage de l'azote et du phosphore vers les eaux souterraines sous une culture de maïs réalisée dans deux loams sableux et limoneux. La source d'azote était d'origine organique (à base de lisier de bovins en loam sableux et de porcs en loam limoneux) et minérale (nitrate d'ammonium). Les pratiques culturales comprenaient le travail conventionnel du sol (TC) avec charrue à versoirs, le travail réduit du sol (TR) avec chisel, le travail automnal avec charrue à versoirs et enfouissement de plantes intercalaires constituées d'un mélange de trèfle rouge et de fléole (TAI) et le travail printanier avec charrue à versoirs et enfouissement du même mélange de plantes intercalaires (TPI).

Au cours des trois années de recherche (1994, 1995 et 1996), les teneurs résiduelles les plus élevées de N et P dans le profil du sol ont été dosées à la mi-saison, rarement en fin de saison. De façon générale, TR, TAI et TPI ont été plus efficaces que TC dans la diminution de ces teneurs résiduelles et le lisier en a généré plus que le nitrate d'ammonium. Entre les pratiques culturales de conservation et par rapport à la mi-saison, TPI a réduit de 60 % et 33 % la teneur de P disponible dans la couche 100-120 cm contre 43 % et 0 % pour TR respectivement en 1995 et 1996 en loam sableux. En loam limoneux, ces baisses ont été de 16 % et 13 % pour TPI contre -3 % et 11 % pour TR au cours des deux années respectives.

Par ailleurs, TPI a réduit les teneurs résiduelles des nitrates dans la couche 100-120 cm de 52 % et 62 % contre -20 % et 16 % pour TR en 1995 et 1996 en loam limoneux et de -10 % et 52 % contre 43 % et 29 % pour les mêmes traitements en loam sableux au cours des deux années respectives précitées. L'impact de TAI a été moins bon que celui de TPI et variable par rapport à TR.

Ces résultats permettent de conclure que les lisiers génèrent plus de teneurs résiduelles de N et P que le nitrate d'ammonium dans les deux sols. De même, le travail printanier avec charrue à versoirs et enfouissement de plantes intercalaires est meilleur que les autres modes de travail du sol testés. Ces résultats permettent donc d'avancer un ordre d'efficacité des modes de travail du sol testés comme suit : TPI > TR > TAI > TC.

Gestion des engrais organiques dans la production de canola de printemps. J. Lafond. Agriculture et Agroalimentaire Canada, Ferme de recherches, Normandin, Québec.

Dans une optique d'agriculture durable, il est important de bien gérer les engrais de ferme en fonction de leur valeur agronomique mais également en minimisant leurs impacts environnementaux. Le projet vise à déterminer les doses optimales de lisier de bovin et de porc à appliquer dans la production de canola et de faire le suivi des nitrates dans le sol. Avant le semis, quatre doses de lisiers de porc et de bovin ont été appliquées et elles ont été comparées à quatre doses équivalentes de fertilisants minéraux. Il n'y a pas eu d'effet significatif des différentes doses d'azote (minérale et organique) sur le rendement en grain. Les rendements moyens en grain sont de 2 864 kg ha⁻¹. La teneur élevée en nitrate du sol au printemps (38 mg kg⁻¹) explique l'absence de réponse de la fertilisation azotée sur les rendements. Les teneurs en nitrate du sol à la récolte sont 65 % moins élevées (13 mg kg⁻¹) que celles mesurées au printemps malgré les apports importants de N effectués. Avec la dose de lisier de porc la plus élevée, la teneur en nitrate augmente dans la couche de sol 15-30 cm. Toutefois, les teneurs en nitrates du sol à la récolte sont nettement inférieures à la norme de potabilité de l'eau.

Fertilisation azotée dans la culture de la canneberge au Québec : effets sur le rendement et la qualité des fruits.

C. Lapierre^{1*}, R. Simard¹, J. Coulombe² et S. Yelle¹. ¹ Centre de recherche et de développement sur les sols et les

grandes cultures, Agriculture et Agroalimentaire Canada, ²CRH, Université Laval.

L'azote constitue non seulement un facteur clef pour l'obtention de bons rendements dans la culture de la canneberge (*Vaccinium macrocarpon* Ait.), mais affecte également l'apparence et la qualité des fruits. Cependant, l'écart entre une fertilisation azotée insuffisante et excessive est petit. Des essais de fertilisation ont été entrepris en 1996 dans des bassins en production de la région des Bois-Francs, dans le but de mettre au point des stratégies de fertilisation adaptées aux conditions édaphiques et climatiques de cette région. Cinq doses d'azote (0, 15, 30, 45, 60 kg N ha⁻¹) ont été appliquées sur des parcelles de 10 m² disposées selon un dispositif en blocs aléatoires complets avec quatre répétitions. De façon générale, la fumure azotée a permis d'augmenter significativement les rendements en fruits frais ainsi que la grosseur des fruits. Des augmentations de rendement de l'ordre de 35 % ont été obtenues avec l'apport de 15 kg N ha⁻¹. Par contre, l'augmentation des doses d'azote a induit une diminution linéaire de la teneur en anthocyanine des fruits ainsi que du nombre de fruits commercialisables après 60 jours d'entreposage. L'impact de la fertilisation en azote sur le ratio tiges fructifères : tiges végétatives ainsi que sur le nombre de bourgeons floraux et leur viabilité sera évaluée au cours du printemps 1997.

Effet de diverses espèces d'engrais verts sur la disponibilité en azote et la production de blé. A. N'Dayegamiye* et T.S. Tran. MAPAQ, Centre de recherche et d'expérimentation en sols

La valorisation d'engrais verts en agriculture comporte des avantages à la fois agronomiques et économiques. Comme engrais verts, les légumineuses ont jusqu'à présent occupé une part importante à cause de leur potentiel de fixation symbiotique de l'azote atmosphérique. Cependant, on assiste de plus en plus à l'introduction d'autres espèces telles les crucifères à cause de leur croissance rapide et leur meilleure adaptation aux diverses conditions de sol et de climat.

L'objectif de cette étude consistait à évaluer l'effet de cinq espèces d'engrais verts sur la production et les prélèvements en azote du blé. Les fonctions de production ainsi que les coefficients d'utilisation de l'engrais azoté marqué au 15N ont été également évalués suite à leur enfouissement dans le sol. Les traitements consistaient en cinq espèces d'engrais verts et le témoin en parcelles principales, tandis que les doses d'azote en traitements secondaires ont été de 0, 30, 60 et 90 kg N/ha. Les engrais verts établis en 1993 et 1995 étaient le trèfle (orge grainé), le millet japonais, le colza, le sarrasin et la moutarde blanche. L'effet du type d'engrais et des doses d'azote a été évalué sur la culture de blé en 1994 et 1996.

Les résultats obtenus démontrent un effet bénéfique des engrais verts sur les rendements et les prélèvements en azote du blé durant les deux saisons de végétation. Par ailleurs, on a observé que le trèfle, comme plante compagne, a augmenté significativement la production du blé et sa nutrition en azote, comparativement au témoin. Cependant, les rendements les plus élevés de blé ont été obtenus avec les autres espèces d'engrais verts étudiés, et plus particulièrement le millet japonais et le colza, avec des rendements supérieurs à 3 000 kg/ha. Suite à l'enfouissement d'engrais verts, les fonctions de production obtenues ont indiqué un gain d'environ 800 kg / ha de blé de plus que le rendement maximum obtenu chez le témoin sans engrais verts, et cela avec une dose équivalente ou moindre d'engrais azoté. De plus, les traitements avec l'engrais minéral 15 N ont confirmé la contribution importante des engrais verts dans la nutrition du blé en azote. Toutefois, il ressort que l'augmentation des rendements de blé et des prélèvements en azote n'est pas seulement reliée à la quantité d'azote apportée par les engrais verts, mais aussi à leurs effets indirects sur la stimulation de la biomasse microbienne et de l'agrégation du sol.

La fertilisation N P K du canola. Pageau, D.*, Lafond, J. et Martel, J. Agriculture et Agroalimentaire Canada, Ferme de recherche, Normandin, Québec.

Au Québec, les superficies ensemencées en canola augmentent à chaque année. En 1996, près de 3000 hectares étaient cultivés en canola dont près de la moitié dans la région du Saguenay-Lac-St-Jean. Cependant, les méthodes recommandées pour la culture de cette oléoprotéagineuse proviennent principalement de l'Ouest canadien où le canola est très bien établi. Une étude effectuée à la Ferme de recherche de Normandin pendant trois années a permis d'évaluer l'effet de la fertilisation N, P et K sur la productivité du canola. Ainsi, 4 niveaux d'azote (0, 50, 100 et 150 kg N ha⁻¹) et 4 niveaux de P et K (0, 40, 80 et 160 kg ha⁻¹) ont été étudiés. Une augmentation de la fertilisation azotée a permis d'accroître les rendements en grain et en paille. Cependant, des applications de 150 kg N ha⁻¹ provoquent une réduction des rendements en grain. De plus, un accroissement de la fertilisation azotée réduit le contenu en huile mais augmentent la protéine du grain. L'application du phosphore a permis aussi une augmentation des rendements en grain et en paille. Le contenu en huile du grain était plus élevé avec l'accroissement des doses de phosphore. La fertilisation potassique n'a pas eu d'effet significatif sur les rendements et sur les autres paramètres agronomiques mesurés sur le canola.

L'étude de la dynamique de l'azote, un autre aspect de la gestion de la fertilité des sols en zone tropicale.

Mahamadou Tandia*, Kazuto Shima, Kyoza Chiba, 1-1-1, Tsushima naka, Laboratory of Forest Management Faculty of Agriculture, Okayama University, Okayama 700 JAPAN.

Dans le monde tropical, aride et semi-aride en particulier, la combinaison d'inadéquates pratiques agricoles avec les cycles de sécheresse et les fortes intensités des précipitations, a conduit à la naissance de ce qu'on peut appeler des paysages à sols dégradés.

La baisse vertigineuse des productions agricole et pastorale a, dans certains cas, forcé les paysans à l'exode, avec son lourd cortège de problèmes culturels, politiques, fonciers, sociaux et économiques.

Dans certaines sociétés paysannes (Senoufo, Mossi, Serer ...), l'existence de méthodes ancestrales de conservation des sols a permis d'atténuer l'ampleur de la perte de la fertilité des sols. En plus, dans la plupart des pays tropicaux, la prise de conscience des autorités sur la nécessité de la conservation des sols, condition à un développement durable, a

conduit à l'adoption de programmes de réhabilitation des sols appuyés par des agences d'aide au développement et par les instituts de recherche. Les méthodes d'intervention généralement décidées par les outsiders (Chambers, R., 1990) ont très tôt donné des résultats décevants parce qu'inadaptées aux réalités locales. À ces programmes classiques de gestion, se sont substitués d'autres s'inspirant des pratiques locales et impliquant une plus grande participation des populations (Roose, E., 1989). Grâce aux nouvelles méthodes d'aménagement, la productivité des sols s'est améliorée. Cependant, les années qui suivent les interventions montrent une progressive baisse de la fertilité (Tandia, M., 1995). Les éléments nutritifs (l'azote en particulier) qui ont été piégés dans le sol suivent une nouvelle dynamique dictée par les nouvelles conditions écologiques locales. Des pertes préjudiciables aux cultures se produisent, d'où une baisse des rendements.

La gestion de la fertilité des sols tropicaux peut être sensiblement améliorée par une étude des transformations de l'azote, principal élément puisé par les plantes. Plusieurs méthodes de recherche existent. Certaines impliquent l'utilisation de produits et matériels chers (isotopes par exemple), donc pas très accessibles aux chercheurs des Pays en Voie de Développement. Cependant, l'adaptation de certaines méthodes aux réalités des laboratoires du Sud peut permettre une étude des différentes dynamiques de l'azote minéral et organique dans le système sol/plante. Les données recueillies aideront à l'adoption par les paysans de mesures de gestion pouvant soutenir durablement l'activité agricole.

Caractérisation de l'état nutritif de quelques sols de l'Abitibi-Témiscamingue par electro-ultrafiltration. N. Ziadi¹, T. S. Tran² et R. R. Simard³. ¹Département de phytologie, Université Laval, ²CRES, MAPAQ. et ³Agriculture et Agroalimentaire Canada. Sainte-Foy, Québec.

Une étude effectuée au champ sur quelques sols argileux de la région de l'Abitibi-Témiscamingue a révélé que des apports d'engrais potassique allant jusqu'à 200 kg/ha de K₂O n'ont pas eu d'effet significatif sur le rendement des fourrages. Pour mieux expliquer ces résultats, une étude complémentaire a été conduite en laboratoire en utilisant la technique d'electro-ultrafiltration (EUF). Le potassium (K) a été extrait par cette technique dans trois fractions obtenues successivement pour le même échantillon, à savoir: (i) à 50 V, 20°C durant 10 min; (ii) à 200 V, 20°C durant 20 min; et (iii) à 400 V, 80°C durant 5 min. Pour étudier la cinétique de désorption, le K a également été extrait toutes les 5 min durant 60 min à 200 V et 20°C puis toutes les 5 min durant 15 min à 400 V et 80°C. Selon les sites, la quantité de K désorbé ainsi a varié entre 91 et 240 mg/kg de sol. De plus, une relation presque linéaire entre la quantité cumulative de K désorbé à 200 V et le temps a été obtenue. Après trois années d'expérimentation (six coupes de fourrages), il semble y avoir peu d'épuisement de K du sol puisqu'il n'y a pas eu de différences significatives entre la teneur en K-EUF du sol témoin avant et après l'expérience. Le rapport K₀ (K-EUF-400 V/ K-EUF-(50+200 V)) a varié entre 0,47 et 1,30 indiquant ainsi une réserve importante en K dans les sols étudiés. Par ailleurs, un enrichissement du sol a été obtenu suite à l'apport de doses élevées de K (200 kg/ha de K₂O). Finalement, des corrélations entre les fractions de K extrait par EUF et par différentes méthodes chimiques ont aussi été établies. Ainsi, cette recherche démontre l'importance des réserves en K des sols argileux de l'Abitibi-Témiscamingue.

Session IV: Contrôle de l'érosion

Stabilisation des rives de la rivière Coaticook au moyen de techniques végétales. Richard Laroche, MAPAQ, D.E.D.D., 200, chem. Ste-Foy, 9^{ème} étage, Québec, QC, G1R 4X6

Au cours du printemps 1995, l'équipe de conservation des ressources de notre direction régionale de l'Estrie, assistée de la Direction de l'environnement et du développement durable, a élaboré un projet de stabilisation de 2 sections de rives de la rivière Coaticook, à Compton-Station. Le parcours de la rivière Coaticook est particulièrement sinueux. La localisation des méandres change subitement au gré des crues, en raison de la nature pulvérulente des sols (sables Sherbrooke). Deux propriétaires avaient perdu récemment des superficies cultivées d'environ cinq hectares et souhaitaient que les organismes publics leur viennent en aide par des mesures de stabilisation des talus. L'Entente Canada-Québec pour un environnement durable en agriculture (Plan vert) a permis de dégager une somme de 22 000 \$ pour mettre deux techniques de stabilisation à l'essai sur une distance de 250 mètres de rives. Le site "Réal Jacques" a été protégé par la plantation de pieux de saule reliés par des fascines de branches de saules. Ce matériel vivant a la propriété de rejeter abondamment des racines et de s'implanter solidement dans presque tous les milieux riverains. Le site "Denis Gaudreau" a été muni de pieux de saule autour et entre lesquels on a tressé des branches de saules et le tout a été protégé par une clé de perré localisée sous la ligne d'eau, de sorte à résister davantage à l'abrasion des glaces. Ces travaux ont été complétés le 30 mai 1995. Le printemps 96 a connu quatre événements de crue distincts, en raison notamment de la vidange de deux réservoirs contrôlés par des barrages situés en amont de Compton, et de pluies abondantes en mars. Le site "Réal Jacques" a été contourné par la crue et a dû être pratiquement reconstruit. Le site "Denis Gaudreau" a résisté de façon satisfaisante à ces conditions d'écoulement hors de l'ordinaire. Une clé de perré a été ajoutée au site "Réal Jacques" au cours de l'année 96. Nous ne disposons que de deux années d'observation, mais il semble qu'une protection par pieux de saules derrière un rempart de pierre submergé constitue une excellente façon de protéger les rives à des coûts raisonnables (environ 50 \$/mètre).

Les Banquettes : Moyen de lutte antiérosive efficace en milieu semi-aride Tunisien, mais faut-il revoir le procédé de leur dimensionnement? Belaïd, H.*(1) & M. Kaabia (2). (1) École Supérieure des Ingénieurs de l'Équipement Rural (ESIER), 9070 - Medjez El Bab, TUNISIE. (2) Institut National de Recherche Agronomique de Tunisie (INRAT). Rue Hedi

Karray, 2049 - Ariana, TUNISIE.

Dans beaucoup de régions menacées par l'érosion hydrique de la Tunisie, particulièrement les régions agricoles du nord ouest, on fait recours à la technique de banquettes. Celle-ci constitue une technique CES plus ou moins efficace, malheureusement sa consommation en matière première, sol, est très souvent exagérée ou supérieure aux potentialités réelles des terres. Ceci est dû en partie au problème de dimensionnement, particulièrement pour le choix de la période de retour et la durée convenables des intensités de pluie.

Trois périodes de retour, de cinq, dix et vingt ans ont été testées pour la région de Medjez El Bab (dont le choix entre dans le cadre d'un projet de recherche sur l'impact des travaux CES dans le nord ouest de la Tunisie). Pour chaque période de retour (T), on a pris trois durées; de six, douze et vingt quatre heures. Le calcul de dimensionnement est fait pour quatre valeurs de pente.

L'intensité de pluie d'une période de retour de 5 ans et une durée de 12 heures (1(12h, 5 ans)) a donné satisfaction dans le calcul de dimensionnement par rapport aux autres périodes et durées. L'adoption de cette intensité pour les régions du nord ouest va permettre une économie de sol assez importante, qui peut atteindre dans certains cas les 6 mm de lame de terre. La durée de vie des banquettes pourra être influencée, mais ceci peut être corrigé par l'entretien et la consolidation convenable des ouvrages par les agriculteurs. Ce qui peut se faire facilement dans le cadre des approches participatives adoptées dans ces régions.

Les terrasses alluviales de décrue : une protohydraulique Africaine. Un système historique de gestion de l'eau et des sols en région de Kayes (Mali, Afrique de l'Ouest). Couture, Jean-Louis, GRDR/CNEARC Gestion Sociale de l'Eau, 21, rue Montgallet, 75012 Paris, FRANCE.

Une opinion couramment répandue veut qu'en Afrique noire, il n'existe pas ou peu d'aménagements hydro-agricoles traditionnels - hormis les rizières de mangrove du littoral Ouest-Africain - où les ressources en sol et en eau sont véritablement construites par apports de travail, de savoir-faire technique et par l'utilisation de l'énergie des crues. Or l'Afrique est un des foyers les plus anciens de domestication des plantes et un berceau de civilisations agricoles très anciennes.

Une action d'appui à des aménagements hydro-agricoles de petites plaines de décrue sur le bassin de la Térékollé-Kolimbinné en région de Kayes au Mali menée par le GRDR a permis de mieux cerner une pratique d'aménagement paysanne gérant en interrelations le sol et l'eau : les terrasses alluviales de décrue.

Cette pratique paysanne d'aménagement se base sur l'épandage d'alluvions sur les bourrelets de berges et en arrière de ceux-ci dans les plaines argileuses situées au débouché des petites vallées du massif de Fafoulabé dont l'écoulement est très irrégulier au cours de la saison des pluies. Les paysans aménagent d'abord le lit mineur de la rivière par renforcement des talus de berges avec une plantation entretenue d'*acacia nilotica* de façon à mettre en charge les crues chargées d'alluvions. Puis, en aval, à l'ouverture des petites plaines, ils creusent des chenaux de différentes tailles en travers du bourrelet de berge permettant, en captant les pointes de crues, de réaliser une irrigation complémentaire et d'épandre des limons fins ou des alluvions sableuses, riches en matière organique. Cette pratique est très appréciée pour la culture du sorgho, du maïs et de la Calebasse, cultures plus faciles à conduire que le riz ou de bon rapport économique. De gros villages Soninké ont ainsi construit leurs riches terroirs agricoles à proximité du village dans un contexte historique précis au cours du XIX^{ème} siècle. Mais cette pratique est certainement plus ancienne dans toute la sous-région.

Affectée par l'affranchissement des esclaves domestiques au début du XX^{ème} siècle, puis par l'émigration massive de main d'oeuvre dès 1960 et l'ouverture économique d'une manière générale, cette pratique est aujourd'hui moins courante. Mais elle reste efficace et les sols de terrasses alluviales ainsi construits sont fortement appropriés du point de vue foncier reflétant ainsi l'histoire régionale et les rapports socio-politiques qui ont présidé à leur construction.

Toute action d'aménagement hydro-agricole sur ce bassin de la Térékollé-Kolimbinné doit prendre en compte ce savoir-faire, ses justifications techniques et les conditions historiques et sociales de sa mise en oeuvre. En dépendent l'adaptation et l'appropriation des aménagements pour des systèmes de culture qui restent très extensifs.

Le rôle du moyen infrarouge dans la détermination des applications de résidus comme mesure de protection des sols. Driss Haboudane*, Ferdinand Bonn et Patrick Cliche, CARTEL, Université de Sherbrooke, Québec, Canada, J1K 2R1.

Les résidus de culture et la végétation sèche sont habituellement confondus avec les sols nus par les indices de végétation n'utilisant que le visible et le proche infrarouge. Or, la présence de résidus et de végétation sèche modifie considérablement le comportement des sols vis-à-vis de l'érosion, une couverture de résidus de 20 % pouvant réduire l'érosion hydrique de 80 % dans des zones de champs de maïs pendant la saison morte.

À partir d'une série de mesures spectro-radiométriques sur des parcelles de sols de couleurs différentes et couvertes de densités croissantes de résidus secs, on a pu montrer le pouvoir discriminant important du moyen infrarouge et essayer diverses approches d'analyse comme des indices de végétation sèche ajustés au sol ainsi que les méthodes de déconvolution spectrale du signal pour la séparation entre les résidus et le sol nu.

Le comportement des résidus dans le visible et le proche infrarouge ne diffère pas de façon majeure de celui des sols nus, alors que dans le domaine de l'infrarouge moyen, la teneur en résidus influence de manière opposée les canaux TM5 et TM7 permettant ainsi d'évaluer le taux de couverture de résidus avec un indice simple. La déconvolution spectrale appliquée au spectre complet et à des sous-ensembles spectraux montre qu'il est possible de déterminer des taux de recouvrement du sol par les résidus et la proportion des types de sols sur les sites de mesure.

Contribution à l'amélioration de la productivité des terres agricoles en pente par des techniques anti-érosives : cas du nord ouest tunisien. Kaabia, M.*¹, Ouled, Saad F.², Jamaï, A.² et Belaid, H.³. ¹Institut National de la Recherche Agronomique de Tunisie (INRAT) Rue? Hédi Karray, 2080 Ariana, TUNISIE. ²Office de Développement Sylvo-Pastoral du Nord Ouest (ODESYANO), Ro? de Tunis 9000 Béja, TUNISIE. ³École Supérieure des Ingénieurs de l'Équipement Rural (ESIER), 90 ? Medjez El Bab, TUNISIE.

L'un des objectifs prioritaires de la politique agricole tunisienne est d'assurer la sécurité alimentaire du pays avec notamment, l'augmentation de la production agricole laquelle devrait contribuer à la croissance économique générale. En effet, les travaux de recherche en matière de conservation des eaux et du sol jouent un rôle important dans l'amélioration de la productivité agricole, la reconstitution de la fertilité du sol, la protection des terres agricoles et la fixation des populations rurales sur leur terre.

Les régions du nord ouest sont à vocation agricole basée essentiellement sur les céréales et l'élevage. Ces zones agricoles sont soumises à une dégradation accélérée causée par l'érosion hydrique, ceci est dû en particulier à l'inadaptation des techniques culturales et anti-érosives et aux conditions écologiques des régions étudiées. Des travaux de recherche ont été menés ces dernières années en matière de conservation des eaux et du sol dans les régions du nord ouest (Béja, Siliana et Kasserine). Ces travaux ont étudié l'effet des techniques anti-érosives (assolement, travail du sol, ados et cordons en pierres sèches) sur les pertes en terre, la fertilité du sol et la production agricole.

Une estimation comparative des sédiments érodés et des rendements agricoles a été effectuée sur les différentes techniques anti-érosives étudiées. Une analyse physico-chimique comparative (granulométrie, % de saturation en eau,

matière organique et éléments minéraux) des sédiments érodés et de la terre de la parcelle a été réalisée. Ces travaux de recherche ont pour objectif d'identifier les techniques anti-érosives les plus performantes et les plus rentables à l'échelle des petites et moyennes exploitations agricoles afin d'améliorer le revenu des agriculteurs et d'assurer la viabilité de l'exploitation.

Contrôle de l'érosion à l'aide de matériaux trouvables *in situ* : exemple de résidus de labour et de sarclage (station Isar-Ntendezi/Rwanda. Dr. F. Ndayizigiye, ISAR, B.P. 138 Butaie, RWANDA

D'habitude, les agriculteurs sarclent et laissent les résidus de sarclage entre les plants, ce qui réduit le ruissellement et l'érosion sur la parcelle; mais ceci ne permet pas d'avoir des structures durables.

À la station de recherche de Ntendezi, en disposant de résidus de labour le long des courbes de niveau et en y ajoutant ceux des sarclages, on est parvenu à ralentir le ruissellement et à arrêter les terres entraînées par les eaux.

Au bout d'une saison culturale, les terrasses progressives se sont dessinées. Et pour accélérer leur formation, on a pratiqué un labour allant dans le sens de la pente, provoquant ainsi une érosion sèche dont les terres se sont régulièrement accumulées sur celles entraînées par les eaux lors des fortes pluies.

Après trois années de cultures continues, on a obtenu des terrasses en escaliers ayant une pente moyenne inférieure à 3 % et des largeurs comprises entre 5 et 10 m selon que la pente originale était forte (+30 %) ou faible (± 10 %).

L'inconvénient reste maintenant au point de vue de la fertilité. En effet, comme l'attestent les rendements des cultures, la moitié aval de la terrasse est très fertile par rapport à la moitié supérieure qui a été décapée.

Cependant, avec la biomasse produite en grande quantité dans la partie inférieure, il y a lieu de régénérer la partie décapée. Ainsi, l'étape suivante devra consister en l'amélioration de la fertilité sur ces terrasses déjà formées.

Effet du travail du sol primaire sur les pertes de nitrates dans les eaux de ruissellement et de drainage avec la culture du maïs-grain. A.R. Pesant^{1*}, M. Perron³, S.P. Guertin² et G.M. Barnett¹. ¹Agriculture et Agroalimentaire Canada, Centre de recherche et de développement sur le bovin laitier et le porc, C.P. 90, 2000, route 108 est, Lennoxville, QC, J1M 1Z3. ²Centre de recherche en production végétale, St-Hyacinthe, QC, J2S 7B8. ³Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, Rock Forest, QC, J1N 2A5.

La production de maïs-grain (*Zea Mays*, L.) dans les régions à topographie vallonnée est souvent limitée par l'érosion des sols et les faibles rendements. Sur parcelles d'érosion drainées (0,0052 ha) on a mesuré au cours de l'année de production (1996) l'effet de différents travaux du sol primaires sur les charges en nitrates ($\text{NO}_3\text{-N}$) dans l'eau de drainage et de surface. On a comparé les travaux du sol suivants : le conventionnel (C), zéro labour/semis direct avec application d'atrazine en bande à 33 % (SD33) et à 100 % de la superficie (SD100), zéro labour/semis direct sur résidus de maïs hachés (SDH) et zéro labour/semis direct après herse offset automne (SDO). L'année d'établissement (1995), les cinq précédents culturaux ont été le conventionnel (labour/hersage), l'orge-trèfle rouge, l'orge-trèfle rouge, zéro labour/semis direct et zéro labour/semis direct (herse offset automne précédent) respectivement. Contrairement au volume annuel d'eau de drainage, l'eau de ruissellement a été significativement affectée par le travail du sol primaire. Les volumes d'eau ruisselé (mai à novembre) des zéro labour/semis direct SD33 et SD100 ont été 3, 7 fois inférieurs à ceux obtenus sur le conventionnel (C). Généralement, les pertes de sol ont été les plus sévères dans la période d'un mois suivant le semis. Les charges de $\text{NO}_3\text{-N}$ dans l'eau de surface n'ont pas été différentes entre les travaux du sol alors qu'elles ont été réduites de 29 % dans l'eau de drainage du SD33 par rapport au travail du sol (C). Le labour offset automnal a produit les plus fortes pertes annuelles de $\text{NO}_3\text{-N}$ dans les eaux de surface et de drainage. La culture intercalaire d'orge-trèfle rouge comme précédent cultural à la production de maïs-grain a offert la meilleure protection contre l'érosion des sols tout en réduisant les charges de $\text{NO}_3\text{-N}$ dans les eaux.

Les lacs collinaires en Tunisie : aménagements conservatoires orientés vers le développement agricole. Jean Albergel, Mission Orstom, B.P. 434, 1 004 Tunis El-Menzah, TUNISIE

La maîtrise de l'eau a, de tout temps, été un puissant facteur d'épanouissement des civilisations du Nord et du Sud de la Méditerranée. De la simple citerne enterrée, instrument vital de la survie familiale en zone aride, au grand barrage s'inscrivant dans une politique nationale de garantie d'approvisionnement au profit du plus grand nombre, le stockage de l'eau a toujours figuré au premier rang des préoccupations tunisiennes.

Avec l'avènement des stratégies décennales (1990-2000) en matière d'aménagement des terres en pente, de mobilisation des ressources en eau, et d'entretien et sauvegarde des aménagements, il est projeté de construire 1000 lacs aptes à stocker annuellement 50 millions de mètres cubes, principalement situés tout au long de la dorsale tellienne et plus généralement dans le nord et le centre du pays. Actuellement, 450 de ces lacs sont construits.

Un lac collinaire est une retenue créée par un petit barrage en terre. Les lacs collinaires contiennent quelques dizaines de milliers à 1 million de m^3 d'eau recueillis sur des bassins versants d'une superficie de quelques hectares à quelques km^2 . Ils s'intègrent de façon naturelle dans le paysage en ne créant pas de nuisance particulière. Ils sont aptes à réguler les flux hydriques et à stocker une partie du transport solide. Leur présence se répercute sur le régime hydraulique des torrents de montagnes même lorsqu'ils sont complètement envasés. Leur construction vise les objectifs suivants :

- Protection des infrastructures en aval, ville, barrage, périmètre agricole, contre les crues et contre l'érosion,
- Mise à disposition d'une ressource en eau de manière disséminée dans le paysage. Elle peut servir à l'alimentation humaine, à l'abreuvement du bétail, à la micro-irrigation etc.,
- Captage du ruissellement et recharge des nappes phréatiques,
- Amélioration de l'environnement : création d'oasis, reboisement,
- Création d'activités agricoles (irrigation, élevage)

Implantés dans des environnements fragiles et à faibles activités économiques, les lacs collinaires apparaissent comme des aménagements très innovants. Ils sont susceptibles de transformer profondément les rapports entre les facteurs traditionnels de la production agricole et les comportements sociaux face à la disponibilité supplémentaire d'une ressource naturelle renouvelable, rare et vitale : l'eau. Leur efficacité et durabilité demeurent, cependant, fonction de nombreuses conditions qui vont du choix du site et de la réalisation technique de l'ouvrage à la participation des acteurs locaux aux projets. La motivation de ces derniers est d'autant plus forte que de nouvelles perspectives de développement pourront rapidement se concrétiser.

Pour augmenter leur durée de vie, les populations peuvent se sentir motivées pour entreprendre de vastes aménagements anti-érosifs du versant. Le problème d'optimisation de ces aménagements pour retenir les sédiments sans trop pénaliser le ruissellement se pose alors.

Optimisation de la gestion des eaux de surface et valorisation du ruissellement par les techniques traditionnelles en climat aride tunisien. Yadh Zahar, Docteur-Ingénieur, maître-assistant en Génie Hydraulique à l'Université de Tunis, Faculté de La Manouba, Département de Géographie, 2010 La Manouba.

L'étude concerne un bassin versant endoréïque de la Tunisie centrale (1 725 km²) qui connaît de multiples fléaux dont notamment le caractère aride du climat, la dégradation des sols, et les faibles potentialités en eau. Il fait partie des rares régions de la Tunisie aride, où les faibles quantités de pluies (160 mm/an en moyenne) tombent fort heureusement sur des terres en pentes. Ainsi, malgré le caractère aride du climat, la région présente des potentialités exploitées ancestralement : la chaîne de montagnes favorise la concentration des eaux, et l'accumulation des matériaux en contrebas, qu'il est possible d'exploiter pour les cultures par des levées de terres (appelés "tabia").

Certes l'efficacité dans la maîtrise du ruissellement et la lutte anti-érosive, par cette technique traditionnelle assimilée empiriquement, par héritage de génération en génération, n'est plus à démontrer. Toutefois, l'amélioration que nous proposons consiste à optimiser la surface aménageable compte tenu des besoins en eau des cultures (oliviers), de la taille des impluviums devant rester incultes pour collecter les eaux, et des ressources en eau de surface estimées.

À ce sujet, l'évaluation des bilans hydrologiques au cours de cette étude a permis de mettre en relief que les conditions de ruissellement varient sensiblement en fonction des rapports d'échelle des bassins versants et des impluviums :

- À l'échelle des bassins versants les coefficients de ruissellement sont assez faibles (5,2 % en moyenne) étant donné des temps de séjour de l'eau bien plus importants, d'où un fort déficit d'écoulement (évaporation...).
- À l'échelle des impluviums les coefficients de ruissellement sont sensiblement plus élevés, (supérieurs à 12 %) étant donné des temps de séjour de l'eau en surface nettement plus réduits. En cas d'aménagement, les volumes d'eau ruisselés sont ainsi rapidement infiltrés et conservés à l'abri de l'évaporation.

Ces deux facteurs d'échelles nous ont permis *in fine* de montrer que la mobilisation par le fractionnement de l'eau par impluvium permet de multiplier les ressources potentielles des écoulements (initialement perdues dans la sebkha à l'aval) par un coefficient compris entre 2 et 3, et de les maîtriser en aménageant seulement le 12^{ème} de la surface du bassin versant, le reste servant d'impluviums. Un modèle de gestion optimale des eaux de surface, en milieu aride, est proposé en définitif.

Efficacité des dispositifs antiérosifs dans le torrents Bérovitza. Prof. Dr. Dimitar Zakov, Université des forêts, Sofia 1756, 10, boul. Kl. Ohridski, BULGARIE.

Les résultats des travaux antiérosifs dans le torrent Bérovitza, dont la superficie est de 750 ha, sont représentatifs pour l'efficacité des méthodes et moyens appliqués en Bulgarie depuis 1950.

Les études sont réalisées sur la base de l'interprétation des photos aériennes de 1955 et 1981 accompagnée des visites sur place. Les terrains sont divisés en deux groupes - des terrains nus, soumis à l'érosion et des terrains couverts, sans érosion. Le deuxième groupe englobe les forêts (naturelles et artificielles) et les espaces herbeux.

L'analyse des résultats montre une faible réduction de la surface des forêts naturelles jusqu'à 25 % et des espaces herbeux - jusqu'à 15 %. Après 1954, leur état est amélioré grâce à l'interdiction du pâturage.

L'extension la plus importante sont les forêts artificielles qui, en 1981, occupent 50 % du territoire. Elles sont créées surtout sur des terrains érodés. Les espèces introduites sont le pin sylvestre, le pin noir et l'*acacia*. Une partie des terrains herbeux et des forêts d'*acacia* forment le système des bandes parafeu.

Sur 10 % du territoire, les processus érosifs ne sont pas encore suffisamment maîtrisés.

La consolidation du réseau hydrographique est réalisée par 5 barrages et des centaines des seuils en maçonnerie sèche et clayonnages. L'emplacement du barrage le plus impressionnant (1 200 m³) est à l'exutoire du torrent, près du village.

Son atterrissement (150 000 m³), formé en quelques années seulement et l'indicateur de l'activité du torrent avant 1958. Grâce aux dispositifs antiérosifs bien faits, le régime du torrent est parfaitement changé. Le débit maximal est réduit dix fois - de 50 m³/s à 5 m³/s. Le débit solide est négligeable.

L'exemple du torrent Bérovitza est significatif des énormes possibilités de la végétation forestière pour l'extinction de l'érosion.

Efficacité des dispositifs anti-érosifs : impact des cordons pierreux sur le ruissellement et l'état hydrique du sol. Cas de Kirsi au Burkina Faso. Zougmoré, Robert, Institut de l'Environnement et des Recherches Agricoles (INERA), Burkina Faso 03, B.P. 7192 Ouagadougou 03.

Au Burkina Faso, l'aménagement des cordons pierreux sur courbes de niveau est largement utilisé par les producteurs pour ralentir le ruissellement des eaux de pluies et limiter les transferts de particules solides. Cette pratique a été encouragée par les soutiens matériels des projets de développement qui interviennent dans le domaine de la gestion des

ressources naturelles.

Sur un site de recherche situé dans le Plateau central (plateau mossi), un dispositif d'étude a été mis en place en vue d'évaluer l'impact des cordons pierreux sur le ruissellement et sur l'état hydrique du sol selon quatre types d'espacement entre les ouvrages. L'essai est installé sur un glaciaire à faible pente (inférieure à 3 %), et comprend quatre parcelles de 100 m x 25 m où l'on a aménagé des cordons pierreux selon un écartement entre ouvrages de 100 mètres pour la première, 50 mètres pour la deuxième, 33 mètres pour la troisième et 25 mètres pour la quatrième. Vingt quatre placettes ont été délimitées dans chaque parcelle pour mesurer l'humidité du sol et le rendement du sorgho selon 12 niveaux de distance par rapport au cordon de base. Le ruissellement a été quantifié par relevé limnigraphique. Les résultats ont montré qu'un écartement compris entre 25 et 50 mètres réduit en moyenne de 35 % le ruissellement. De même, on a constaté que l'humidité du sol décroît quand on s'éloigne du cordon pierreux. La rétention d'eau en amont des cordons est assez nette jusqu'à 12 mètres. Cette barrière que constitue le cordon pierreux réduit la vitesse d'écoulement tout en permettant une plus grande rétention de l'eau de pluie qui alors s'infiltré dans le sol.

Session V: Sols forestiers et agroforesterie

Modélisation des flux hydrique et thermique à l'intérieur de l'écosystème forestier du bassin du lac Clair à la station forestière de Duchesnay, Louis Duchesne ing.f.*, Rock Ouimet, ing.f., Ph.D., Daniel Houle, Ph.D., Raynald Paquin, ing.f., M.Sc. et Paul A. Arp Ph.D.

FORHYM est un modèle de simulation qui tient compte de tout les mouvements de l'eau en forêt. Le modèle réussit à reproduire les données mensuelles sur l'écoulement le long des troncs, la précipitation qui atteint le sol, le couvert de neige, l'eau qui percole à travers la couverture morte, le contenu en eau du sol et le débit à l'exutoire du bassin versant. De plus, ce modèle permet l'évaluation de l'évapotranspiration actuelle et du déficit en eau du sol permettant ainsi une description complète des flux hydriques. Pour sa part, FORSTEM est un modèle de température permettant la simulation de données mensuelles de la température pour tout le profil de sol. Les intrants de FORHYM et FORSTEM sont limités à la température de l'air, à la précipitation, et à l'information permettant de caractériser le site (latitude, altitude, pente, exposition, couvert forestier, épaisseur et texture des horizons de sol).

Les modèles FORHYM et FORSTEM ont pu être calibrés et validés pour un bassin versant forestier du Québec (lac Clair). Les données modélisées sont très similaires aux données mensuelles mesurées tant pour la période de calibration (1989 à 1991) que celle de la validation (1992 à 1994). Pour tous les paramètres mesurés, les différences entre les valeurs calculées et observées sont non significatives. Il appert que ces modèles permettent d'estimer avec confiance les flux hydriques et thermiques d'un bassin versant forestier. Les modèles présentés ont plusieurs applications possibles. Par exemple, ils permettent de compléter des données manquantes lorsque la saison hivernale empêche la prise de données, ils procurent un schéma général permettant la modélisation de flux ioniques à l'intérieur de l'écosystème et ils permettent la simulation des réactions de ses variables en fonction de différents scénarios (changements climatiques, exploitation forestière, modification des caractéristiques du sol, etc.). Plusieurs autres utilisations pourraient être envisagées pour ces modèles. Ils constituent donc des outils pratiques, efficaces et simples d'utilisation.

Étude comparative de la fertilisation et de l'incorporation au sol de bois rameaux fragmentés dans une plantation de sapins de Noël. Bady Badibanga*, Ph. D. École de sciences forestières, Université de Moncton, Campus d'Edmundston, Edmundston, N.-B.

Afin d'enrayer la détérioration progressive d'une plantation de sapins de Noël (jaunissement précoce, perte prématurée des aiguilles, diminution du taux de bourgeonnement, ...), une étude comparative de fertilisation et d'incorporation au sol de bois rameaux fragmentés (BRF) a été réalisée à Notre-Dame-de-Lourdes (Nord-Ouest du Nouveau Brunswick). Les résultats préliminaires obtenus montrent que : (1) l'azote (N) est l'élément le plus limitatif de la croissance des sapins; (2) le potassium (K) et le magnésium (Mg) ne sont pas des éléments limitatifs de la croissance des sapins mais donnent de meilleurs résultats lorsque combinés à N200; (3) l'application de BRF a amélioré les teneurs en éléments minéraux des sapins et les résultats obtenus sont comparables à ceux obtenus avec les fertilisants N300 et N200; (4) il existe un effet de pente très marqué, les teneurs les plus élevées en éléments minéraux se rencontrant dans le Bloc 2 (milieu de pente) et les teneurs les plus faibles dans le Bloc 1 (haut de pente) et dans le Bloc 3 (bas de pente); (5) les fertilisations équilibrées de N300 et N200 donnent les colorations les plus constantes et les plus proches de la normale 4/4.

L'effet du chaulage et d'amendements organiques sur la fertilité d'un sol forestier et le rendement du ginseng. I. Nadeau¹, R. Simard², J. Coulombe³ et A. Olivier¹. ¹Département de phytologie, Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation, Université Laval, Sainte-Foy, QC, G1K 7P4, ²Centre de recherche et de développement sur les sols et les grandes cultures, Agriculture et Agroalimentaire Canada, Sainte-Foy, QC, G1V 2J3. ³Centre de recherche en horticulture, Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation, Université Laval, Sainte-Foy, QC, G1K 7P4.

La racine du ginseng occupe une place prépondérante dans la médecine traditionnelle chinoise depuis plusieurs milliers d'années. En raison de sa haute valeur commerciale, une espèce de ginseng, le ginseng américain (*Panax quinquefolius*), est cultivée depuis quelques années en Amérique du Nord. On la produit généralement dans des champs recouverts de structures d'ombrage, de façon à protéger les plants du rayonnement solaire direct. Une pratique alternative consiste à produire le ginseng dans son milieu naturel, la forêt décidue. Même si le ginseng américain est indigène au Québec, l'intérêt pour sa culture y est cependant récent, et l'information disponible n'est malheureusement

pas adaptée au milieu forestier et à nos conditions bioclimatiques. Des essais en forêt ont donc été effectués dans le but de déterminer l'effet de l'application de chaux et d'amendements organiques sur la fertilité des sols et la croissance du ginseng. Le pH et le contenu du sol en plusieurs éléments minéraux ont été analysés, et le taux de survie, la masse aérienne et la masse racinaire du ginseng ont été mesurés pour diverses combinaisons d'amendements. L'impact du chaulage et des amendements organiques sur la fertilité des sols forestiers et le rendement du ginseng est donc analysé, et leur potentiel discuté.

Impacts des pratiques agricoles, sylvicoles et pastorales sur la qualité des sols et des eaux en milieu aride et semi-aride algérien. Étude de cas : Hautes plaines occidentales. Abderrahim, Khaldoun, ANAT, Algérie.

Notre travail se propose de présenter les premières réflexions et les premiers enseignements d'une expérience de développement local conduite à partir de 1983 en Algérie au niveau de l'espace aride et semi-aride (20 millions d'hectares). L'administration centrale a initié un programme d'envergure de mise en valeur agricole, pastorale et sylvicole dont l'objectif principal se résume à la création d'emploi et à l'amélioration des revenus ruraux. De 1983 à 1996, plus de 87 000 hectares ont été attribués, des centaines de puits et forages réalisés. Le constat qu'on peut faire aujourd'hui et que ces actions de mise en valeur agro-sylvo-pastorales n'ont pas donné les résultats escomptés et parfois même ont entraîné des effets pervers sur la qualité des sols et de la ressource hydrique.

En effet, la problématique qui se pose à ce projet d'envergure régionale et qui préoccupe les différents acteurs du développement consiste à savoir comment concilier entre le développement souhaité et la préservation de la qualité du sol et de l'eau des risques de déstructuration.

Notre intérêt portera sur l'analyse détaillée de quelques cas intéressants de mise en valeur et de reboisement en milieu steppique, oasien et pré-saharien et leurs conséquences sur la qualité du sol, de l'eau et au delà même leur intérêt économique.

Un modèle simple pour estimer le stock de carbone dans le sol à partir de relevés pédologiques.

Sylvie Tremblay*, Rock Ouimet, Dir. Recherche forestière, MRNQ

La quantité de carbone (C) emmagasinée dans le sol est une information importante pour étudier la dynamique du C dans les écosystèmes forestiers et constitue un indicateur du développement forestier durable. Pour connaître ce paramètre, nous avons mis au point un modèle permettant de prédire le pourcentage de C des horizons minéraux en fonction de leur couleur respective. La simplicité de ce modèle en fait un outil fort pratique pour évaluer rapidement et économiquement le stock de C dans les sols forestiers du Québec, à défaut de posséder des analyses chimiques du sol. Le modèle a été établi avec les données du réseau de surveillance des écosystèmes forestiers RESEF (622 observations). Les variables explicatives qui ont été retenues sont la teinte, la luminosité, le pH, la texture, l'indice de podzolisation et l'indice MacCracken. Les indices de podzolisation et MacCracken ont été calculés à partir de la teinte, de la luminosité et de la saturation et expriment l'intensité de la pédogénèse qui s'exerce sur chaque horizon. Le modèle explique 72 % de la variation du pourcentage de C dans un horizon donné, avec un coefficient de variation de 16 %. La précision et la justesse du modèle sont supérieures à plusieurs résultats publiés dans la littérature sur le sujet. Le pourcentage du C des horizons organiques a simplement été estimé à partir de moyennes, selon leur type (mull, moder mor) et leur pH. La densité apparente des horizons minéraux et organiques a aussi été estimée selon leur contenu en C, afin de convertir les concentrations de C de g/g à g/cm³ ou kg/ha.

Ce modèle sera utilisé pour estimer le stock de C de chaque sol de la banque d'inventaire écologique du MRNQ, qui contient plus de 7 000 relevés pédologiques et des données pertinentes sur la végétation et le milieu physique. Dans un deuxième temps, nous vérifierons quels sont les paramètres écologiques qui influencent le plus le stockage de C dans les sols forestiers.

Évidence de changements de la croissance des arbres reliés aux dépôts acides : analyse basée sur le réseau d'inventaire des places échantillons permanentes du Québec. Rock Ouimet, Direction de la recherche forestière, Ministère des Ressources naturelles, 2 700, rue Einstein, Sainte-Foy, Québec G1P 3W8, ouiro1@mrn.gouv.qc.ca

Les dépôts atmosphériques de S et N sont environ 1 keq ha⁻¹ y⁻¹ dans plusieurs régions du Québec. Bien que les écosystèmes forestiers peuvent neutraliser une grande partie de cette acidité, la croissance des arbres et d'autres processus de ces écosystèmes doivent s'ajuster à un nouvel état d'équilibre créé par ces apports atmosphériques. L'estimation des charges critiques en acidité (les dépôts maximums de composés acidifiants qui ne causeront pas de changement nocif à la structure et aux fonctions de l'écosystème) du réseau d'Étude et de Surveillance des Écosystèmes Forestiers (RESEF) révèle que 19 des 31 stations reçoivent une surcharge d'acidité. L'étendue de cet excès est de l'ordre de 10 à 590 keq ha⁻¹ y⁻¹. Nous avons posé l'hypothèse que l'accroissement annuel moyen de la forêt dans le voisinage de stations présentant une surcharge d'acidité devrait être inférieur à l'accroissement des peuplements autour de stations tolérantes aux dépôts d'acidité. Pour tester cette hypothèse, nous avons utilisé les données du réseau d'inventaire des places permanentes du Ministère des Ressources naturelles. Ces places ont fait l'objet d'un suivi de la croissance à partir des années 1970 et trois mesurage ont été effectué depuis. Une étude préliminaire de ces places indique que les érables à sucre (*Acer saccharum* Marsh.), situés dans une zone de surcharge d'acidité, ont subi une perte de croissance de 30 % entre les années 1970 et 1990 lorsque comparés aux érables localisés dans la zone où il n'y a pas de surcharge d'acidité.

Distribution des cations basiques et de l'aluminium dans la solution de sol de l'horizon humifère d'une érablière fertilisée: représentativité des extraits de sol saturé à l'eau. François Marquis et Marius Lachance (INRS-EAU) et Claude Camiré (CRBF).

L'activité des espèces chimiques en solution est l'une des variables les mieux corrélées au prélèvement des nutriments par les végétaux vasculaires. La caractérisation de la solution de sol offre, par conséquent, un potentiel intéressant pour l'établissement d'une typologie des peuplements forestiers présentant des déséquilibres nutritifs. L'étude de la solution de sol requiert toutefois son isolement de la phase solide. Cela présente de nombreuses difficultés sur le plan de la logistique et c'est pourquoi on a recouru à l'utilisation d'extraits de sol saturé à l'eau. Cette approche s'est déjà révélée utile pour suivre les effets de la fertilisation et traduire les interrelations entre les éléments solubles de l'horizon Ahe d'une érablière.

La représentativité des extraits saturés à l'eau par rapport à la «vrai» solution de sol reste toutefois à démontrer. À cet fin, nous avons comparé la composition de la solution de sol obtenue par la centrifugation, à la composition de la solution obtenue d'extraits de sol saturé à l'eau pratiqués sur : 1) des échantillons de sol frais ; et 2) des échantillons de sol séchés à l'air libre et tamisés à 2 mm. Les concentrations de Ca, Mg, K et Al ainsi que des expressions traduisant la présence relative (distribution) de ces éléments dans les différentes solutions, ont été comparées à l'aide de modèles de régression.

Les résultats obtenus suggèrent qu'il soit possible d'obtenir une évaluation représentative de la distribution des nutriments dans la solution de sol par le biais des extraits de sol saturé à l'eau. Cette information est pertinente dans le cadre d'études sur l'équilibre nutritif des peuplements forestiers

Effets des boisements d'*Eucalyptus saligna* sur les sols en pays bamiléké (ouest - Cameroun). Moïse Tsayem Demaze*, Paul Tchawa**, Henri, B. Djeuda**, Jean Siakeu***, *B.P. 8360, Yaoundé Cameroun, **Université Yaounde I, B.P. 755, Yaoundé Cameroun, ***S/C Mme Negueu, Marie-Françoise, Procomfi-Centre Yaoundé Cameroun.

Eucalyptus saligna, espèce exotique très prisée sur les Hautes Terres de l'Ouest-Cameroun du fait de son intérêt socio-économique, semble néanmoins nocive aux cultures vivrières qui lui sont associées. En effet, dans les localités où l'emprise spatiale des boisements de cette espèce est considérable, les cultivatrices sont de plus en plus nombreuses à se plaindre du fait que les cultures vivrières n'arrivent pas à s'épanouir convenablement à ses alentours. Pour examiner cette situation, des analyses physico-chimiques ont été effectuées sur des échantillons de sol prélevés sous *Eucalyptus saligna*, à deux niveaux de profondeur (0-5 cm et 15-20 cm) dans deux localités du pays bamiléké : Bapou sur sols issus d'ignimbrite et Baleng sur sols dérivés de cendres volcaniques récentes. Il ressort de ces analyses pédologiques que, par rapport aux seuils obtenus sur les échantillons des parcelles-témoins portant la savane, *Eucalyptus saligna* appauvrit le sol en azote totale dans les deux horizons; la minéralisation et l'humification de sa litière se font très lentement (avec un rapport C/N = 23,6 en moyenne); *Eucalyptus saligna* appauvrit considérablement l'horizon superficiel du sol (0-5 cm) en bases échangeables à Bapou, tandis qu'à Baleng, cet appauvrissement se fait beaucoup plus en profondeur (15-20 cm); à Baleng, sur andosols, la présence d'*Eucalyptus saligna* semble ne pas s'accompagner d'effets nocifs sur le sol ou sur les cultures vivrières voisines, contrairement à la situation observée dans les localités aux sols moins riches en bases où les cultures vivrières s'accommodent mal de la présence des eucalyptus.

Éco-développement alternatif par la gestion et valorisation agro-forestière du report hydrique en zone soudano-sahélienne. Valet, S.* et P.S. Sarr**, *Université de Poitiers, Sciences Fondamentales et Appliquées, Laboratoire de Pédologie, 40, Ave du Recteur Pineau. 86022. Poitiers. Cedex.**ISRA-Institut Sénégalais de Recherche Agronomique. BP, 199, Kaolack, Sénégal.

En zone soudano-sahélienne, le constat du double échec et de l'intensification agricole et de la lutte pour la restauration des écosystèmes est reconnu par la communauté scientifique. Parmi les principales causes, la dégradation des écosystèmes, due à la double pression anthropique et animale et surtout la baisse de l'alimentation en eau des cultures, aggravée par la sécheresse, multiplient les stress hydriques. Ceci conduit à l'effondrement de la productivité des paysages agraires. Le retour à une agriculture vivrière durable oblige de concevoir des aménagements minimalistes reproductibles par les agriculteurs pour restaurer les écosystèmes. L'étude du fonctionnement hydrique des versants, quels que soient les types de sols, a montré l'existence du report hydrique (runon) assimilable à une "irrigation complémentaire simultanée à la pluie qui l'a générée en fonction de l'évolution de l'état de surface". Ainsi, l'identification et la hiérarchisation des critères discriminants du fonctionnement hydrique permettent une réflexion sur une méthodologie nouvelle pour comprendre l'organisation du paysage et surtout la sensibilité aux flux hydriques et minéraux superficiels. Cette méthodologie doit être à l'origine d'une nouvelle approche du contrôle du *run off* mais aussi du *runon* et du drainage.

Elle repose sur l'utilisation spécifique des différentes unités morphopédologiques :

- plateaux cuirassés servant de parcours et supportant la brousse tigrée/ tachetée.
- le versant cuirassé ou non et cultivé en partie.
- les champs du bas glacis et des terrasses.
- les zones inondables.

Le maintien du report hydrique, voire sa création, en lui ôtant toute compétence érosive est donc nécessaire. Pour cela, la constitution d'un "bocage" reposera sur l'implantation de barrages filtrants :

- barrages biologiques constitués de haies multispécifiques.
- cordons de pierre (cuirasse).

Des techniques complémentaires leur seront associées pour répondre à des problèmes ou des unités géomorphologiques particulières telles que :

- le "zaï" dans les parties durcies et glacées.
- les demi-lunes sur les chanfreins et entre les bandes boisées de la brousse tigrée.
- les fascines vives (euphorbe) en tête de microvallon.

La gestion au versant comme à la parcelle du report hydrique requiert ensuite l'application d'une technique culturale minimum, telle que le grattage, couramment pratiquée par les agriculteurs, en remplacement du labour pour limiter le drainage et les risques d'acidification et maintenir un report hydrique sur les parcelles aval.

Ces aménagements peu coûteux du versant et de la parcelle sont facilement appréhensibles et reproductibles par les agriculteurs.

Seule cette approche, basée sur le *concept de gestion et valorisation agro-forestière du report hydrique*, offrira une dernière chance aux agriculteurs de sauvegarder leurs écosystèmes.

Session VI: Pollution et environnement

Pertes de phosphore dans les eaux de drainage : revue de quelques études réalisées au Québec. S. Beauchemin* et R.R. Simard, Agriculture et Agroalimentaire Canada, Ste-Foy, (QC).

Il est généralement reconnu que le phosphore (P) est un élément immobile dans le sol en raison de sa forte rétention par les hydroxydes de Fe et d'Al en sols acides et de sa fixation par le Ca en sols calcaires. En conséquence, les risques de lessivage du P sont perçus comme pratiquement inexistantes dans la plupart des sols minéraux ayant une bonne capacité de sorption. L'érosion et l'écoulement superficiel sont donc considérés comme les deux principales sources de P pour les eaux de surface.

En dépit de ces dogmes, il devient de plus en plus évident que le lessivage du P peut être non négligeable dans certains sols minéraux lorsqu'une combinaison de divers facteurs est présente. La littérature récente fait état, entre autres, d'un risque accru de lessivage du P dans les sols présentant un niveau élevé de saturation en cet élément. Outre le niveau de saturation en P du sol, d'autres facteurs sont susceptibles d'accroître les pertes par lessivage. Le but de l'exposé est de mettre en évidence divers facteurs influençant le risque de lessivage du P dans les sols drainés souterrainement en revoyant brièvement les résultats de quelques études réalisées au Québec. L'effet du type de fertilisation (organique versus minérale), de pratiques culturales et de l'espèce cultivée ainsi que l'effet du type de sol et de la topographie du site sur la mobilité du P seront discutés.

Comparaison de deux logiciels d'évaluation agro-environnementale: AgriFlux versus EvaRisk. Olivier Banton, Marie Larocque et Pierre Lafrance, INRS-Eau, Université du Québec, CP 7500 Sainte-Foy, Québec, G1V 4C7, Canada, tél.: 418 654 2589; fax: 418 654 2600; mail: bantonol@inrs-eau.quebec.ca.

L'évaluation des risques de contamination des eaux superficielles et souterraines par les activités agricoles peut être aisément réalisée à l'échelle de la parcelle par l'utilisation de logiciels d'évaluation des pertes environnementales d'intrants agricoles. Différents types d'outils existent, des plus représentatifs et complexes aux plus empiriques et simples d'utilisation. Le logiciel AgriFlux a été récemment développé pour l'évaluation des pertes en nitrates (Banton et al., 1993) et en pesticides (Banton et al., 1996). C'est un modèle mécaniste et stochastique, puisqu'il prend en compte à la fois la représentation physique et mathématique des processus (mécanismes) et la variabilité spatiale et l'incertitude existant au niveau des paramètres. Il simule de façon détaillée le cycle de l'eau et de l'azote, et le destin des pesticides, en intégrant les divers processus mis en jeu. Pour la simulation des processus les plus importants, il nécessite une cinquantaine de paramètres décrivant le sol et les composés simulés. Puisque tous ces paramètres ne sont pas toujours aisément disponibles, il est alors nécessaire d'en évaluer certains ou d'utiliser les valeurs tirées de la littérature. Pour palier à cette absence d'information et aider le gestionnaire, le logiciel EvaRisk (Banton et al., 1997) a été développé sur le même moteur de simulation qu'AgriFlux, mais en ne nécessitant la définition que d'une information beaucoup plus facile d'accès. Ainsi par exemple, seule la texture de l'horizon est à déclarer dans EvaRisk, alors que les contenus en sable, limon et argile, la porosité, la densité apparente sèche, la capacité au champ et le point de flétrissement doivent être déclarés dans AgriFlux. Les grands traits de ces deux logiciels sont présentés, ainsi qu'une comparaison de leur résultats pour différents contextes d'application du Québec, montrant les qualités intrinsèques des deux approches.

Érosion des sols cultivés et qualité des eaux sur bassins versants élémentaires dans le nord du Bassin Parisien. Alexandra Angélique*, Stanislas Wicherek, Centre de Biogéographie-Écologie ENS-CNRS UMR, 180 Le Parc 92 211 Saint-Cloud, France.

La dégradation de la qualité des eaux de surface en terre agricole est très fréquemment liée aux problèmes de ruissellement-érosion. Malgré l'établissement de normes et de réglementations pour les eaux de surface et les eaux potables, la situation française n'est pas bonne et tend même à se dégrader. La Picardie, région française de grande culture, ne fait pas exception. Dans ce paysage d'openfield-mosaïque dominant, on observe une agriculture intensive (céréales, maïs), à très large vocation agroalimentaire (betteraves sucrières, pommes de terre, pois), grande consommatrice de fertilisants et de produits phytosanitaires. Des situations d'érosion et de détérioration de la qualité des cours d'eau sont souvent observées. L'expérimentation en cours sur deux bassins versants élémentaires cultivés, montre les liens qui existent entre les départs au champ par ruissellement et érosion (eaux chargées en limons, matières organiques, fertilisants N et P, phytosanitaires comme atrazine et lindane) et la perturbation de la qualité des eaux superficielles. En particulier, les transferts de certains polluants se font essentiellement sous forme fixée aux sédiments érodés (phosphore, métamitron, chloridazone). Ces deux sites du nord du Bassin Parisien, aux caractéristiques

morphopédologiques et agraires différentes, sont représentatifs de régions naturelles de collines et de plateaux, ce qui permet de comparer leur comportement et de contribuer à la sélection des critères utiles à une typologie des bassins versants quant à leur rôle dans la pollution des eaux superficielles.

La conservation des eaux et du sol et les différentes approches adoptées. Mohamed Boufaroua, Ministère de l'Agriculture, Direction CES, 1002 Tunis, TUNISIE.

La lutte anti-érosive est loin d'être une pratique nouvelle en Tunisie, au contraire de nombreux indices montrent que nos ancêtres les berbères et les romains ont toujours œuvré pour la protection du patrimoine Sol et la mobilisation des ressources en eau. Ceci s'est traduit par une gamme variée des techniques (les meskats-les jessours, les m'gouds-les terrasses-les jardins-les majels *etc.*) qui étaient avec les conditions climatiques du milieu.

C'est à partir des années soixante que l'état a mis en place une section de restauration et de protection des sols qui a élaboré avec la contribution des institutions internationales les premiers programmes nationaux de protection des terres et de lutte contre l'érosion hydrique qui étaient plutôt axés sur la confection des ouvrages de petite hydraulique.

Avec le développement de la politique hydraulique et la construction de nombre assez important des barrages, la Conservation des Eaux et des sols s'est vue confier la tâche de lutte contre l'évasement prématuré des barrages et ce en axant l'intervention sur les zones de l'amont qui sont généralement des terres forestières, tout en négligeant la plus grande partie des terres de culture qui continuent à subir une pression très intense et une dégradation irréversible des surfaces agricoles utiles du pays, ceci a permis, avec la mise en place de la direction de la C.E.S. en 1987, la naissance d'une nouvelle approche d'aménagement qui se base sur l'intégration de la lutte contre l'érosion dans les programmes agricoles et les systèmes de cultures mis en place.

Pour ce faire, la direction de la C.E.S. a œuvré depuis 1984 pour la mise en place d'une méthodologie d'étude et d'élaboration des projets de lutte contre l'érosion qui prend compte les principaux facteurs du milieu. En effet, en 1985 et au cours du premier séminaire national de KAIROUAN une méthodologie intitulée "Méthodologie technico-socio-économique d'élaboration des projets d'aménagement anti-érosif" a été présentée, discutée et approuvée par les techniciens de la C.E.S. et des spécialistes en matière des différents départements. Cette méthodologie est basée sur une approche multidisciplinaire intégrée qui prend compte à la fois des caractéristiques naturelles du milieu physique et des caractères socio-économiques du monde rural.

Atténuation des nitrates dans la zone riveraine des nappes phréatiques. Rachid Labchir* et O. Banton, INRS-Eau, Université du Québec, C.P. 7500, Sainte-Foy, QC G1V 4C7, Canada, tél. : 418-654-2589, fax : 418-654-2600, email : bantonol@inrs-eau.quebec.ca

La pollution par les nitrates d'origine agricole cause de sérieux problèmes pour la qualité des eaux souterraines et superficielles. Du fait des relations d'échange entre les nappes d'eau souterraine et les rivières, la qualité des eaux de surface devient tributaire de celle des eaux souterraines. Ainsi, les zones riveraines des cours d'eau constituent un lieu de rencontre et d'interaction et peuvent jouer un rôle important en ce qui a trait à l'atténuation des concentrations en nitrates en provenance des terres agricoles. Notre recherche a porté sur l'étude de la performance de ces zones riveraines dans le contexte du Québec (Canada). Neuf sites situés dans le bassin versant de la rivière Boyer (trois à végétation arbustive, trois sites à végétation herbacée, trois sites à végétation rase) ont été suivis en 1995 et 1996 du printemps jusqu'à l'automne. L'analyse des résultats a montré d'une part que les charges en nitrates dans les eaux souterraines riveraines des cours d'eau semblent dépendre de certains facteurs tel que les cultures pratiquées dans les champs avoisinants. D'autre part, une atténuation de ces charges a été observée au niveau des zones herbacées et arbustives lors de l'écoulement de la nappe vers le cours d'eau au travers de ces zones. Par contre, en ce qui concerne la végétation riveraine rase (ou absente), une augmentation des concentrations en nitrates a été décelée. Celle-ci peut être attribuée à l'infiltration dans cette zone des eaux de ruissellement en provenance du champ. On a remarqué que l'atténuation est plus efficace lorsque les concentrations, entrant à l'amont de la zone riveraine, sont élevées.

Effet du lisier de porc sur le sol (loam Coaticook) et sur l'eau de drainage. Royer, I^{*1}, R. R. Simard², A. Pesant³, G. Barnett³ et D. Cluis¹. ¹ INRS-Eau, Institut National de la Recherche Scientifique, ² Agriculture et Agroalimentaire Canada, Sainte-Foy, ³ Agriculture et Agroalimentaire Canada, Lennoxville.

L'accumulation du phosphore dans le sol et son effet sur la qualité de l'eau sont des phénomènes qui ne s'observent qu'à long terme soit après plusieurs années de fertilisation. Cependant, des pratiques de fertilisation inappropriées par exemple: l'ajout excessif de lisier de porc peut causer l'eutrophisation des lacs et des rivières et/ou une accumulation de métaux lourds dans le sol. Un essai constitué de deux cultures (maïs ensilage et prairie) situé sur la ferme expérimentale d'Agriculture et Agroalimentaire Canada à Lennoxville relié à la fertilisation à base de lisier de porc depuis 1989 a été utilisé pour les fins de cette étude. En effet, l'objectif était d'étudier l'impact de six années d'apport de lisier sur le contenu du sol en P et en Cu d'un loam Coaticook et sur la qualité de l'eau de drainage. Les parcelles ont été fertilisées avec des engrais minéraux conformément aux besoins agronomiques recommandés (180 kg N ha⁻¹ pour le maïs et 55 kg N ha⁻¹ pour la prairie) soit avec des engrais minéraux tel que décrit en plus de lisier de porc à raison du double de ces doses. La quantité totale de lisier de porc est épandue selon trois scénarios: soit en totalité au printemps ou à l'automne soit fractionnée également entre le printemps et l'automne. Dans la couche 0-20 cm, les teneurs en P et en Cu extraits par la méthode Mehlich III (M3) ont été respectivement de 30 et 50 % plus élevés sous maïs que sous prairie. Sous maïs, dans la couche 0-20 cm, l'ajout de lisier aux engrais minéraux a augmenté les quantités de P et de Cu extraites au M3 par rapport au témoin alors que sous prairie, les augmentations ont été plus faibles. La quantité moyenne de P et de Cu total dans la couche 0-20 cm est respectivement 2 et 3 fois plus élevée que dans la couche 20-100 cm. De plus, les charges de P total n'ont pas varié selon les cultures alors que les charges de PO₄-P étaient près de 50 % plus élevées dans la prairie que dans le maïs. Il en résulte que des pratiques de fertilisation excessive utilisant le lisier de porc doivent être bannies pour prévenir l'accumulation de P, de Cu et d'autres éléments de même que l'eutrophisation du milieu aquatique.

Impact agro-environnemental de la production de pommes de terre en sols sableux: production et transport du nitrate dans la zone non-saturée. Marc-Olivier Gasser, Marc R. Laverdière et Robert Lagacé, Département des sols et de génie-agroalimentaire, FSAA, Université Laval.

La culture intensive de la pomme de terre pose dans certaines régions des problèmes de contamination des nappes d'eau souterraine par le nitrate. Un des objectifs du projet Écogestion, mené par une équipe de 12 chercheurs de l'Université Laval, consiste à quantifier au niveau régional, les impacts de la culture intensive sur la production, la santé et l'environnement. Afin de mesurer et de modéliser le transport du nitrate dans la zone non-saturée du sol, un programme de suivi au champs sous des conditions réelles de production de pommes de terre a été initié. Quinze lysimètres drainants ont été installés à raison de trois par champ, dans cinq champs de la région de Portneuf sur les séries de sol Morin et Pont-Rouge. En première année, quatre champs en pommes de terre et un champ en céréales ont été ainsi suivis. Le sol a été échantillonné à dix reprises entre le 1^{er} mai et le 18 novembre à cinq profondeurs (0-0,15, 0,15-0,30, 0,30-0,60, 0,60-0,90, 0,90-1,20 m), afin de suivre les concentrations de nitrate et d'un traceur (KBr) appliqué au printemps sur le sol. La campagne d'échantillonnage des lysimètres s'est déroulée durant la même période à 20 reprises. Les quantités d'eau et les mesures de concentration en nitrate et en bromure ont été effectuées. Le développement de la plante, son prélèvement en azote et les rendements ont aussi été mesurés. Les apports en engrais azotés ont varié de 84 à 195 kg/ha. Les quantités maximales de nitrate dans le sol ont été mesurées le 3 juillet (entre 100 et 320 N-NO₃ kg/ha sur 1,20 m de sol). En septembre, après la récolte, entre 70 et 120 N-NO₃ kg/ha subsistaient dans le sol. Au mois de novembre, ces quantités chutaient entre 20 et 80 N-NO₃ kg/ha. La perte totale de nitrate mesurée dans l'eau des lysimètres variait entre 80 et 120 N-NO₃ kg/ha. L'observation de l'évolution des teneurs en nitrate dans le sol et des quantités récupérées par les lysimètres, révèle des pertes importantes de nitrate au mois de juillet et à l'automne, liées aux précipitations abondantes, à la performance inégale des cultures en terme de prélèvement d'azote et à un surplus d'azote dans le sol en fin de saison. Ces observations ont été comparées aux prédictions effectuées par le modèle EPIC (Erosion Productivity Impact Calculator).

Activité humaine et son impact sur la qualité du sol et de l'eau. Exemple en Europe centrale. Stanislas Wicherek, Centre de Biogéographie-Écologie UMR 180 CNRS/BNS, Le Parc 92211 Saint-Cloud, France.

Depuis les changements récents intervenus en Europe Centrale le point est fait sur l'état de leur environnement en particulier pour ce qui concerne l'eau et le sol. Ces deux derniers aspects sont pris sérieusement en considération par ces pays pour leur développement économique. En particulier les problèmes d'eutrophisation des milieux aquatiques résultent des pollutions chimiques et des matières en suspension. Le problème de désertification et d'assèchement de certaines régions des grandes plaines germano-polonaises et celui des Puzsta hongroises sont aujourd'hui d'actualité. Les activités industrielles mais surtout agricoles sont mises en cause. Question : le modèle de l'utilisation et de la gestion des sols et des eaux mis en place en Europe de l'Ouest et en Amérique du Nord est-il transférable à ces pays ou faut-il inventer de nouveaux systèmes d'utilisation des espaces?

Aspects environnementaux de l'utilisation d'un mélange de résidus de désencrage et secondaires de papetière comme amendement organique sur trois types de sols agricoles. Trépanier, L.*, G. Thériault, M.-P. Bastien, J. Caron et J. Gallichand. Département des sols et de génie agroalimentaire, Université Laval, Ste-Foy, Québec.

Depuis quelques années, le processus de désencrage du papier est devenu un aspect important dans l'industrie des pâtes et papiers. Cependant, le processus de désencrage produit une quantité appréciable de résidus impropres à la fabrication du papier, mais très riches en matière organique. L'objectif de cette étude visait à examiner la possibilité de valoriser ces résidus en milieu agricole. La nature des résidus nous a amenés à considérer attentivement deux aspects environnementaux suite à leur utilisation comme amendement organique. Le premier aspect concernait les métaux lourds potentiellement contenus dans les résidus et le deuxième aspect concernait l'évolution de l'azote ajouté aux résidus pour diminuer le rapport C:N initialement très élevé (>400). L'étude s'est faite sur trois types de sols agricoles (loam sableux, loam limoneux et loam argileux) et sous deux cultures différentes, soit l'orge et la pomme de terre. Trois différentes doses du mélange de résidus (8, 16 et 24 tonnes sèches/ha) ont été incorporées au sol lors des labours d'automne en 1994 et 1995. Des analyses de métaux lourds ont été faites au moment de la mise en place du dispositif (printemps 1994) et à l'automne 1996, tandis que le suivi des nitrates s'est échelonné surtout au printemps et à l'automne. Aucune contamination en métaux lourds n'a été perçue, tandis que les mesures de nitrates ont démontré de légères tendances à la baisse avec les doses de résidus plus fortes.

Influence de pratiques et de systèmes culturaux sur la qualité de l'eau de drainage : premiers résultats. L. Vézina¹, M. Giroux¹, M. Rompré¹, D. Côté¹, A. N'dAyegamiy¹, B. Beaulieu², ¹Centre de recherche et d'expérimentation des sols, MAPAQ, Sainte-Foy, ²Centre de recherche et d'expérimentation agricoles de Saint-Hyacinthe, MAPAQ, Saint-Hyacinthe.

Des ajouts aux systèmes de drainage de quatre (4) sites de l'Observatoire de la qualité des sols agricoles du Québec ont été faits de façon à recueillir dans des puits l'eau de parcelles, mesurant en moyenne 0,20 ha de surface. Deux (2) sites d'étude ont fait l'objet d'un suivi depuis le début de l'automne 1996 à la Station de recherche de Saint-Hyacinthe et deux autres à la Station de recherche de Saint-Lambert-de-Lévis. À Saint-Hyacinthe, les parcelles permettent une comparaison des effets de quatre types de travail du sol (travail complet, travail réduit avec un chisel, travail alterné avec charrue et chisel et culture sur billons) sur une argile Sainte-Rosalie et quatre types de fertilisation (lisier de porcs, fumier de bovins, boue d'épuration et fumure minérale) sur un loam argileux Du Jour, dans une rotation maïs-maïs-soya-orge. Les parcelles étaient cultivées d'orge en 1996. À Saint-Lambert, dans la région Beauce-Appalaches, sur des sols de la série LeBras, le travail concerne d'une part l'évaluation des effets de fumures organiques et du travail du sol dans un système de production de cultures céréalières et d'autre part diverses fumures organiques sur des parcelles cultivées de mil. Dans tous les cas, les effets sur la qualité de l'eau sont comparés à ceux obtenus dans une prairie servant de parcelle de référence. Durant l'automne 1996, les teneurs en N-NO₃ se sont généralement maintenues en deçà de 10 mg/l, critère limite de qualité pour l'eau potable. Elles se sont toutefois brusquement élevées quelques jours après le travail du sol à des teneurs variant entre 10 et 16 mg/l, surtout dans les cas de parcelles fertilisées avec du fumier de poules. À St-Hyacinthe, sur une argile Sainte-Rosalie exposée à un même régime de fertilisation minérale, les teneurs en N-NO₃ de l'eau de drainage des parcelles labourées a été généralement plus élevées que dans celles soumises à d'autres conditions de travail du sol (culture sur billons, chisel et travail alterné de labour et de chisel). Le même phénomène a aussi été observé entre l'eau de parcelles labourées avec une charrue à soc ou un chisel sur un loam limoneux Le Bras à St-Lambert. Au printemps suivant, en 1997, les concentrations en N-NO₃ ont d'abord chuté au début du mois d'avril, pour atteindre des teneurs de 3 à 7 mg/l. Elles se sont ensuite haussées au début du mois de juin entre 5-7 mg/l. Dans les cas de parcelles fertilisées avec du lisier de porcs, elles ont atteint des niveaux de 8 à 10 mg/l. Le labourage du sol a encore là généré des concentrations en N-NO₃ supérieures à celles du chisel. Les teneurs en N-NH₄ sont généralement demeurées très basses, en dessous de 0,1 mg/l. Quant au P, des hausses marquées ont également été observées à l'automne 1996, suite au travail du sol, surtout dans les cas de parcelles fertilisées avec du fumier de poules. Les concentrations P total et en P ortho sont généralement demeurées en dessous de 30 ugP/l, mais quelques cas des teneurs de 100-200 ugP/l ont été mesurées. Durant les premiers jours du printemps 1997, elles sont également demeurées basses, entre 20 et 60 ugP /l, sauf dans les cas de parcelles fertilisées avec du fumier de poules, où les teneurs ont atteint durant quelques jours 200 à 360 ugP/l total. Après les applications printanières de lisier de porcs, des hausses temporaires du P ont aussi été observées. Dans aucun cas on a noté une contamination bactériologique de l'eau par des coliformes ou streptocoques fécaux.

Impact de pratiques culturales de conservation sur les concentrations en herbicides drainées sous culture de

maïs. P. Gagné*, P. Lafrance et O. Banton. INRS-Eau, Université du Québec, Sainte-Foy, Québec.

L'identification de pratiques agricoles qui minimisent les risques de contamination des eaux de surface nécessite d'évaluer l'importance des voies de transport des herbicides vers les cours d'eau. Le but de cette étude est d'évaluer à l'échelle de six champs agricoles (1 à 9 ha), et pour une saison de croissance, l'exportation vers les cours d'eau du métolachlore, de l'atrazine et du sous-produit dééthylatrazine par drainage. Les champs présentent des conditions pédoclimatiques et agronomiques représentatives de la culture intensive du maïs-grain dans les Basses-Terres du St-Laurent (Québec). Les pratiques étudiées sont le labour conventionnel avec application d'herbicides en surface totale ou en bandes, et le semis direct avec application en surface totale. L'exportation des herbicides lors des deux premiers événements pluviaux d'importance (plus de 10 mm) ayant suivi l'application a notamment été fonction de la texture du sol, des hauteurs d'eau de précipitation (et hauteurs d'eau drainée) et du délai entre l'application et les événements (entre 1 et 38 jours). Pour un sol argileux présentant un faible drainage et des événements pluviaux survenant un mois après l'application, les concentrations et les masses en herbicides sont très faibles. Pour des sols dont la texture varie de loam argileux à loam, les concentrations en herbicides peuvent atteindre 40-60 mg/L. Les concentrations ou les masses de métolachlore sont légèrement supérieures ou voisines à celles d'atrazine, ceci malgré une quantité appliquée deux fois supérieure à celle d'atrazine. La fraction de la quantité d'herbicides appliquée qui a été exportée par drainage est inférieure à 0,04 % pour le métolachlore et à 0,1 % pour l'atrazine. Les pertes d'herbicides après les deux premiers événements pluviaux, soit durant 3,5 à 4,5 mois, sont minimales en présence de faible pluviosité et d'assèchement des drains. Le rapport des concentrations dééthylatrazine/atrazine montre une relation inverse avec la concentration en atrazine et illustre la dégradation de l'atrazine lors de sa lente migration dans la zone non saturée. Pour des conditions pédoclimatiques peu différentes, l'application d'herbicides en bandes conduit à des concentrations et à des masses exportées inférieures à celles obtenues avec l'application en surface totale. Toutefois, le délai entre l'application et les événements pluviaux, ainsi que les hauteurs d'eau de précipitation peuvent varier d'un champ à l'autre, ce qui rend difficile dans certains cas l'évaluation de l'impact du seul mode d'application des herbicides sur l'exportation vers les cours d'eau par le drainage.

Session VII: Qualité des sols

Aération des milieux artificiels : récents développements. Jean Caron, Département des sols et de génie agroalimentaire, Université Laval, Sainte-Foy, Québec, Canada G1K 7P4

L'aération dans les milieux artificiels est souvent rapportée comme étant un problème. Ceci est possiblement dû au fait qu'après la saturation d'un pot et son drainage, il se forme au fond du pot une nappe perchée, résultant dans le maintien d'un potentiel matriciel élevé. À ces potentiels élevés, les milieux artificiels peuvent avoir une faible porosité d'air, malgré une porosité totale très élevée. La porosité en air est donc un critère régulièrement utilisé pour guider la fabrication des milieux artificiels et est mesurée de façon routinière dans des cylindres de métal emplis de substrats et équilibrés à un potentiel donné. De récents développements, cependant, montrent l'importance de tenir compte de la géométrie du pot pour fournir une estimation de la porosité d'air plus réaliste que celle obtenue en cylindre. Également, une autre étude démontre que ces estimations peuvent être faites directement sur les substrats en pot, et que les estimations de porosité d'air ainsi obtenues diffèrent de 0.05 cm³ par rapport aux estimations obtenues sur des substrats en cylindre. Enfin, les derniers développements suggèrent que dans la caractérisation de l'aération des milieux artificiels, on devrait considérer les propriétés d'échanges en plus des propriétés de stockage d'air. En effet, dans trois différentes études où les propriétés physiques variaient, les propriétés d'échanges mesurées par la diffusivité des gaz étaient de loin mieux corrélées à la croissance végétale que la porosité d'air. De nouvelles méthodes pour caractériser cette diffusivité sont en développement. Elles permettront de mettre au point une instrumentation capable de mesurer ces propriétés régulièrement en continu, *in situ*.

Mesure du point d'entrée d'air dans les milieux artificiels. Pierre Tardif*, Jean Caron et Philippe Drouin, Département des sols et de génie agroalimentaire, Université Laval, Québec, Canada, G1K 7P4

Des travaux récents sur les milieux artificiels ont révélé l'importance des propriétés d'échange d'air et notamment de la diffusivité des gaz sur le rendement des végétaux qui y sont produits. La diffusivité peut être estimée en mesurant la conductivité hydraulique saturée, la teneur en eau à différents potentiels matriciels et le point d'entrée d'air. L'objectif de cette étude était de développer une méthode simple de mesure de ce dernier paramètre. Le point d'entrée d'air réfère au potentiel matriciel permettant à l'air de pénétrer dans un substrat initialement saturé. La méthode ne requiert qu'une mesure de potentiel matriciel. Des essais ont été réalisés avec différents substrats et les résultats ont été validés avec la méthode classique où la valeur du point d'entrée d'air correspond au premier point d'inflexion de la courbe de rétention.

Méthode de mesure *in situ* du coefficient de diffusivité d'un gaz dans un sol agricole. Éric van Bochove¹, Normand Bertrand¹, et Jean Caron². Agriculture et Agroalimentaire Canada. Centre de recherche et de développement sur les sols et les grandes cultures. Sainte-Foy, Québec. Département des sols et génie agroalimentaire, Université Laval, Sainte-Foy, Québec.

L'estimation d'un flux de gaz à partir d'un sol est importante lorsqu'on veut déterminer sa contribution aux émissions atmosphériques. Cette estimation de flux de gaz nécessite la mesure du coefficient de diffusivité du gaz concerné. Les méthodes habituellement utilisées causent une perturbation importante du milieu ou exigent l'utilisation de modèles mathématiques ou empiriques relativement complexes. L'objectif de cette étude est de développer une méthode *in situ*

pour déterminer le coefficient de diffusivité, D_s , du N_2O dans le sol en limitant la perturbation du milieu et en utilisant une approche de calcul simple. L'utilisation d'un appareil de contrôle du débit massique d'un gaz a permis de fournir un débit constant et continu d'un standard de gaz en profondeur dans le sol, jusqu'à l'établissement d'un gradient du gaz en régime stationnaire dans le profil du sol. La valeur moyenne obtenue pour le D_s du N_2O , calculé à l'aide de la première loi de Fick, est de $1.26 \times 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ (C.V.= 25%). Cette valeur a été validée au laboratoire, en régime transitoire, sur des carottes de sol par la méthode de Xu et al. (1992). La nouvelle méthode de mesure *in situ* de D_s permet de déterminer la diffusivité du N_2O en intégrant directement l'ensemble des paramètres du milieu influençant la diffusivité et est préférable à des estimations obtenues en laboratoire ou à partir de modèles empiriques. Le D_s obtenu pour le N_2O dans le sol peut-être également appliqué à d'autres gaz à l'aide d'un modèle relativisant D_s et D_o (diffusivité du gaz dans l'air). Une étude théorique démontrant les limites d'application de la nouvelle méthode sera discutée.

Étude physico-chimique sur trois types de sols agricoles suite à l'apport d'un mélange de résidus de désencrage et secondaires de papetière comme amendement organique. Thériault, G.*, R. Nemat, L. Trépanier, J. Caron et J. Gallichand. Département des sols et de génie agroalimentaire, Université Laval, Ste-Foy, Québec.

Les sols agricoles en culture continue, comme la pomme de terre, le maïs ou les céréales, souffrent d'une baisse importante de matière organique. Cette baisse a des conséquences néfastes sur le rendement des cultures, sur la rétention des fertilisants et sur les qualités physique, chimique et biologique des sols. Cette étude vise à évaluer les possibilités de valorisation agricole de résidus riches en matière organique pour contrer ces problèmes. L'étude s'est faite sur trois types de sols agricoles (loam sableux, loam limoneux et loam argileux) et sous deux cultures différentes, soit l'orge et la pomme de terre. Trois différentes doses du mélange de résidus (8, 16 et 24 tonnes sèches/ha) ont été incorporées au sol lors des labours d'automne en 1994 et 1995. Le rendement des cultures et certains paramètres physiques (stabilité structurale, teneur en eau, conductivité hydraulique, etc.) et chimiques (pH, conductivité électrique, %M.O., etc.) ont été suivis en 1995 et 1996. Le rendement de l'orge a augmenté tandis que celui de la pomme de terre s'est à peine maintenu. La stabilité structurale s'est améliorée nettement dans le sol argileux et le %M.O. s'est accru notablement aux trois sites. Le suivi se poursuit en 1997 afin de vérifier si des effets prolongés ou consécutifs peuvent être perçus.

Effet de techniques traditionnelles de récupération des terres sur l'économie de l'eau, l'érosion et la productivité de plages dégradées de jachères. J.-MK. Ambouta*, I. Bouzou, D. Sani, Faculté Agronomie, B.P. 10960, Niamey, NIGER.

Dans les jachères de la zone sahélienne, une des formes de dégradation la plus spectaculaire de la surface des sols se manifeste par l'apparition de plages nues ou loupes d'érosion d'environ deux à dix mètres de diamètre, déprimées, colmatées par une pellicule plasmique luisante (croûte d'érosion) qui limite de manière drastique l'infiltration et augmente les risques de ruissellement et d'érosion. Dans ces loupes d'érosion, à la remise en culture des jachères, les semences lèvent très mal et le développement des plantes cultivées reste fortement compromis. L'expérimentation mise en place dans une jachère du terroir de Bogodjotou (Niger) vise à tester, sur une large loupe d'érosion, deux techniques traditionnelles très simples de récupération des sols dégradés pour la production de mil : paillage et zaï. Au terme de la première année d'étude, toutes ces techniques ont eu des impacts très significatifs. Le paillage provoque l'infiltration totale et profonde de l'eau même lors d'épisodes pluvieux importants, favorise le développement d'un plus grand nombre de talles et permet une meilleure élaboration des grains. Sur les zaï, le ruissellement et l'érosion demeurent faibles, le développement des cultures est plus précoce et la croissance des plants est plus marquée. Pour les deux traitements, l'amélioration de la production par rapport au témoin est très nette avec un léger avantage au profit du paillage pour le rendement en pailles et du zaï pour les grains. Les auteurs proposent une interprétation de ces résultats et en tirent les conséquences tant agronomiques que sur le plan de l'amélioration de la jachère dans la région.

Activité microbienne et fractions de la matière organique dans les sols amendés avec des résidus de désencrage du papier. M.H. Chantigny*, D.A. Angers, et C.J. Beauchamp.

Des résidus de désencrage du papier (RDP) ont été utilisés comme amendement organique pour des sols en production de légumineuses fourragères. Des doses de 0 (témoin), 50 et 100 tonnes de RDP secs ha^{-1} ont été incorporées, dans un loam sableux Tilly et un loam argileux Kamouraska, en une seule application à l'automne 1994. Un fractionnement physique de la matière organique du sol a montré que l'ajout de RDP résulte en une augmentation marquée des teneurs en C du sol, majoritairement sous forme particulaire ($> 53 \text{ mm}$). Un fractionnement chimique du C du sol a d'autre part montré qu'une grande quantité de ce C se retrouve sous forme de polysaccharides de types hémicellulosique et cellulosique. Ces composés se sont dégradés rapidement au cours de la première saison de croissance suivant l'application de RDP. Cette décomposition s'est poursuivie de façon plus lente au cours de la seconde saison de croissance. Il semble que la majorité de ce C ait été minéralisé puisque les pertes de C au niveau des fractions saccharidiques ne suffisent pas à combler les pertes totales de C du sol. La fraction restante du C provenant des RDP, principalement de la lignine, semble être plus stable dans le sol. Même après 2 années de culture et des pertes de C de plus de 50 %, les RDP semblent conserver en bonne partie leur aspect physique granulaire initial. La densification progressive des granules de RDP et l'augmentation importante de la proportion de macro-agrégats ($> 1 \text{ mm}$) stables dans l'eau (3 à 5 fois plus de macro-agrégats $> 1 \text{ mm}$ dans les sols avec RDP que dans les sols témoins) laisse supposer que les granules de RDP puissent directement servir d'amorce à la formation de nouveaux macro-agrégats. Une partie important du C stable provenant des RDP demeurerait alors au sein des macro-agrégats.

Pratiques agricoles et dégradation des sols : le cas de l'arrondissement de Bana dans l'Ouest-Cameroun. Jean

Siakeu*, Paul Tchawa**, Henri, B. Djeuda**, Moïse Tsayem***, *S/C Mme Negueu, Marie-Françoise, Procomfi-Centre Yaoundé Cameroun, **Université Yaounde I, B.P. 755, Yaoundé Cameroun, ***B.P. 8360, Yaoundé Cameroun.

Situé sur le versant méridional des Hautes Terres de l'Ouest-Cameroun, la localité de Bana est une région montagneuse marquée par un relief très accidenté et des versants dont la déclivité dépasse 45° à certains endroits. Les sols, en majorité ferrallitiques fortement désaturés, issus de basalte, d'ignimbrite et de granite, subissent les effets d'une pluviosité abondante et d'autant plus agressive que la végétation naturelle ne subsiste plus que dans les zones inaccessibles à l'Homme. Les rendements des terres semblent avoir diminué de façon notable ces dernières années, confirmant ainsi une dégradation progressive des sols qui ne sont pas du reste des exemples de fertilité. À ce sujet, les échantillons prélevés entre 0 et 10 cm de profondeur, ont permis d'évaluer la fertilité à travers plusieurs paramètres dont les Bases échangeables et la Matière Organique; les résultats obtenus démontrent que ces sols sont chimiquement pauvres.

Les plaintes des paysans témoignent de la gravité du problème et suscitent quelques réflexions sur leur responsabilité dans cette situation. À travers un système d'occupation de l'espace marqué par une évolution foncière incontrôlée (entraînant la mise en valeur des zones marginales) et une activité agro-pastorale désorganisée (système de production inadaptée; techniques de conservation du sol de plus en plus négligées), l'Homme est à l'origine d'une activité érosive dont les incidences sur le rendement des sols sont néfastes. Ainsi, de nombreuses formes d'érosion liées au ruissellement et aux mouvements de masse sont fréquentes dans la région et contribuent à appauvrir davantage les sols. L'analyse de la granulométrie et de la matière organique a été effectuée sur des échantillons de terres érodées et collectées à la base de quelques versants à l'aide d'un dispositif. Les résultats révèlent que l'érosion fait perdre au sol ses potentialités agronomiques en découpant l'horizon le plus fertile.

Influence des émissions atmosphériques d'une cimenterie sur les sols et les plantes avoisinants. Rock Chabot*, R.R. Simard et M.C. Nolin, Agriculture et Agroalimentaire Canada.

Des sols sableux et argileux situés dans la direction des vents dominants à partir de la cimenterie de Joliette ont été échantillonnés en fonction de leur distance de l'usine. Les échantillons de sept couches du profil jusqu'à 1 m de profondeur ont été analysés pour leurs contenus et formes des principaux éléments majeurs, mineurs et métaux lourds. Des tissus des principales cultures (maïs, soya et luzerne) et des herbages poussant en bordure ont également été prélevés pour en déterminer la composition élémentaire. Des changements dans certaines propriétés physico-chimiques et des accumulations en éléments majeurs, mineurs et métaux lourds ont été retrouvées dans les sols argileux. Cependant, cet effet de la cimenterie n'était significatif qu'à moins de 1 km et les teneurs totales en métaux lourds se situaient nettement en dessous des normes de contamination en vigueur pour les sols. Aucune modification en contenu élémentaire n'a été décelée dans les sols sableux retrouvés à partir de 3,5 km de la cimenterie. La composition minérale des plantes n'a pas été affectée. Les accumulations dans les sols argileux près de l'usine sont autant attribuables à l'activité générale de l'usine qu'aux rejets des cheminées. Cette étude démontre que les émissions de la cimenterie n'ont qu'un impact limité (< 1 km) sur la qualité des sols et des végétaux.

Rôle biologique et physique du paillis dans l'amélioration du bilan d'eau des sols encroûtés au Sahel. A. Mando, Antenne Sahélienne/Université de Ouagadougou 01 BP 5385 Ouagadougou 01

Un dispositif en split plot à trois répétitions a été installé sur un sol encroûté au nord du Burkina Faso. L'objet de cet essai était d'étudier le rôle biologique et celui physique du paillis dans la modification de certains termes du bilan d'eau des sols encroûtés (infiltration, stock d'eau). La dieldrine a été épanchée à une dose de 500 g a.i ha⁻¹ sur une moitié des parcelles principales pour exclure la faune du sol (essentiellement des termites) des dites parcelles. Chaque parcelle principale est constituée de quatre sous parcelles sur lesquelles sont répandus quatre types de paillis : de *Pennisetum pedicelatum*, de bois de *Pterocarpus lucens*, d'un mélange des deux types et un témoin. Les doses des paillis étaient respectivement de 3, 6, 4 et 0 t ha⁻¹.

Sur chaque parcelle secondaire, l'infiltration, le stock d'eau ainsi la biomasse végétale a été suivie pendant trois années consécutives.

Il en résulte que l'activité biologique est le facteur le plus important dans l'amélioration de l'infiltration, du stock d'eau dans le sol et donc de la productivité des sols encroûtés. L'amélioration de ces deux paramètres étaient significativement faible sur les parcelles ayant reçu un traitement insecticide par rapport aux parcelles non traitées.

Le paillis sur les parcelles traitées à l'insecticide n'ont pas eu un effet significatif dans l'amélioration des termes du bilan hydrique par rapport aux témoins.

L'amélioration des paramètres hydriques étaient plus importante sur le paillis de *Pennisetum pedicelatum* pendant les premières années mais au cours du temps l'efficacité du paillis de bois s'est accrue pendant que celle de la paille a baissé à cause de la décomposition.

Les émissions de CO₂ à la surface du sol : un outil pour l'étude de la dynamique du carbone du sol. Philippe Rochette, Centre de recherche sur les sols et les grandes cultures, AAC, Ste-Foy.

La dynamique du C du sol est traditionnellement étudiée par le suivi de la teneur du sol en C. Cette approche permet une évaluation précise et robuste de l'effet de la gestion du sol et des cultures sur la teneur des sols en matière organique. Elle nécessite cependant une période d'étude relativement longue afin de pouvoir discerner les changements de C dus aux traitements en raison de la grande quantité de C du sol. Cette approche fournit également peu d'information sur les facteurs responsables de l'effet des traitements. Les mesures des émissions de CO₂ à la surface du sol peuvent compléter l'étude de l'évolution de la teneur des sols en C en donnant une indication rapide de l'effet d'un traitement sur la teneur en C du sol et en permettant d'identifier certains mécanismes responsables de ce changement. La présentation

portera sur des exemples d'utilisation de la mesure des flux de CO₂ dans des études de la dynamique du C du sol.

Impacts de l'application de résidus de papetières sur la chimie du sol et de l'eau. M. Roy*, R.R. Simard, B. Gagnon et J. Coulombe.

Le mélange boues primaires/secondaires des usines de pâtes et papiers est un produit intéressant à valoriser en agriculture comme amendement et source de nutriments. Cependant, la quantité à appliquer pour respecter les besoins des cultures et éviter une surfertilisation reste à être déterminée. Une expérience au champ est actuellement en cours dans le but d'évaluer les effets de l'apport des boues mixtes sur la chimie du sol et de l'eau en production de chou d'hiver. Des doses de 0, 25, 50, 100 et 200 t ha⁻¹ ont été appliquées au printemps 1996 sur un loam Tilly (podzol ferrique gleyifié). Le sol des couches 0-15, 15-30 et 30-60 cm a été analysé 1 et 4 mois après l'application des boues pour les paramètres suivants : pH_{soil}, NO₃⁻ et SO₄²⁻ extraits au CaCl₂ 0,01M; P, K, Ca, Mg, B, Cd, Co, Cr, Mn, Ni, Pb et Zn extraits à la solution Mehlich III. L'eau récoltée à 30 cm de profondeur avec des lysimètres à tension a été analysée pour les NO₃⁻, NH₄⁺, P, Cd, Co, Cr, Mn, Ni, Pb et Zn. Une augmentation linéaire des teneurs en NO₃⁻, NH₄⁺, P, K et Mn de la couche de sol 0-15 cm a été observé un mois après l'apport de doses croissantes de boues. Les teneurs en NO₃⁻, P et SO₄²⁻ ont augmenté à 15-30 cm et le NO₃⁻ à 30-60 cm avec la dose de 200 t ha⁻¹. Quatre mois après l'application des boues (à la récolte), seules les augmentations de NO₃⁻ et de Mn à 0-15 cm; et de NO₃⁻ à 15-30 cm pour la dose de 200 t ha⁻¹ persistent. La concentration de NO₃⁻, NH₄⁺, P et Mn dans l'eau diminue progressivement de l'application jusqu'à la récolte. Les NO₃⁻ augmentent en absence du couvert végétal, excédant le critère de qualité de l'eau potable à 200 t boues ha⁻¹. Aucun impact significatif n'a été observé sur les teneurs en métaux lourds du sol et de l'eau, à l'exception du Mn. Dans les conditions (sol, température et pluviométrie) observées en 1996, l'apport de boues mixtes à 100 t ha⁻¹ et moins, comporte peu de risques à court terme de contamination du sol et de l'eau.

Potentiel de minéralisation de l'azote dans quelques sols de prairie de la région de Québec. Sbih M¹*, A. N'Dayegamiye² et A. Karam¹, ¹Équipe de Recherche en Sols Agricoles et Minières (ERSAM), Université Laval, Sainte-Foy, Québec, Canada G1K 7P4, ²Centre de recherche et d'expérimentation en sols, MAPAQ, Sainte-Foy, Québec, Canada G1P 3W8.

Cette étude vise à évaluer le potentiel de minéralisation de l'azote organique de cinq types de sols sous prairie provenant du comté de Lotbinière, situé à 50 km au sud-ouest de la ville de Québec. Les données de minéralisation de N ont été ajustées à un modèle bicompartimental, où on a considéré que la minéralisation de N est expliquée par la somme de deux équations, l'une exponentielle et l'autre linéaire : $N_m = N_1 + NO(1 - e^{-kt}) + e^{-nt}$. Les courbes de minéralisation de l'azote organique en fonction du temps étaient caractérisées en général par trois phases; une phase de latence durant les premières semaines d'incubation, qui traduit en réalité le phénomène de minéralisation-immobilisation. La deuxième phase a été caractérisée par une diminution graduelle de la vitesse de minéralisation. Et enfin, une troisième phase qui s'étalait de 25 à 56 semaines, où on a observé un ralentissement considérable de la minéralisation de N-organique. Les valeurs de l'azote potentiellement minéralisable N_o, varient de 63 à 238 mg kg⁻¹ de sol. Le compartiment N_o a représenté entre 5 et 17 % de l'azote total, selon les sols. Les demi-vies de ce compartiment sont comprises entre 8 et 25 semaines. La constante de vitesse de minéralisation du compartiment potentiellement minéralisable k, varie de 0,03 à 0,101 sem⁻¹. La constante de vitesse de minéralisation de la fraction récalcitrante qui évolue d'une manière linéaire varie de -0,013 et -0,05 sem⁻¹. Ces très faibles valeurs de la constante de vitesse de la fraction récalcitrante se sont traduites par une minéralisation moyenne de 0,08 mg kg⁻¹ de sol sem⁻¹, ce qui représente seulement 0,22 % de N total. Cependant le taux de minéralisation du compartiment facilement minéralisable était de 40 fois le taux de minéralisation du compartiment récalcitrant et représentait en moyenne 3,15 mg kg⁻¹ de sol sem⁻¹. Ces résultats indiquent que 9,33 % de N total se minéralise annuellement dans les sols de prairie.

La prédiction des changements de la masse volumique apparente du sol par mesure du diamètre moyen pondéré des agrégats. Nemat M. Reza, J. Caron et J. Gallichand, Département des sols et de génie-agroalimentaire, FSAA, Université Laval, Québec.

Les mesures de la masse volumique apparente (MVA) sont requises pour estimer la compaction du sol. Nous avons posé l'hypothèse que la MVA et la compaction peuvent être prédites par la mesure du diamètre moyen pondéré (DMP), afin de minimiser le nombre de mesures à effectuer dans le suivi de la qualité physique des sols. L'objectif de cette recherche est de vérifier l'effet de différents amendements de résidus de pâte et papiers sur le DMP et les changements de MVA qui surviennent à différentes profondeurs dans le profil de sol à la suite d'un événement pluvial simulé. En général, les résultats du test DMP ont pu être reliés aux changements de MVA, suite à un choc d'humectation.

Session VIII: Cartographie, SIG et variabilité

Analyse de la pression agroenvironnementale à l'échelle du territoire. A. Michaud¹* et P. Beaudet² 1-MAPAQ-CRES; 2-MAPAQ-DEDD.

S'attaquer efficacement à une problématique agroenvironnementale, c'est d'abord s'en assurer une bonne compréhension et surtout, bien savoir la partager. Chaque bassin versant est un milieu de vie dynamique où une foule d'activités interagissent sur un ensemble complexe de ressources naturelles. Quelle que soit l'énergie investie dans l'échantillonnage, l'analyse de données ou les actions de service-conseil, il y a intérêt à structurer les informations

recueillies de façon à bien répondre, en continu, aux besoins en matière de prise de décision et de diffusion de l'information. La sélection d'indicateurs pertinents, quantitatifs et compréhensibles permet notamment de suivre et de projeter l'évolution de la situation sur la base des tendances observées dans le territoire ciblé par l'intervention.

Le modèle "Pression-État-Réponses" est le cadre de développement d'indicateurs environnementaux privilégié par la plupart des intervenants occidentaux, y compris le Québec. Ce modèle conceptuel est basé sur les interrelations entre l'état de l'environnement, les pressions exercées par le milieu et les réponses formulées par celui-ci. Il demeure particulièrement bien adapté à la représentation des différents processus et enjeux agroenvironnementaux de même qu'au processus décisionnel inhérent à la prévention de la contamination de sources diffuses:

- les indicateurs d'état sont utiles pour identifier les enjeux prioritaires et cibler spatialement les interventions;
- les indicateurs de pression facilitent la planification des interventions en apportant des informations, par exemple, sur les composantes des systèmes de production les plus vulnérables et l'amplitude à donner aux différents éléments d'un plan d'action;
- enfin, l'indicateur de réponse est l'outil privilégié de suivi des interventions.

Dans l'esprit de supporter l'analyse de problématiques agroenvironnementales dans un contexte d'interventions ciblées sur la qualité de l'eau, un ensemble d'indicateurs de pression agroenvironnementale a été développé à partir des données géoréférencées d'enregistrement des exploitations agricoles. Ces bilans de nature agronomique, économique et environnementale permettent notamment d'exprimer spatialement la pression relative exercée par la production, l'importation et la gestion des engrais de ferme et des engrais minéraux sur un territoire donné.

Une réflexion critique sur la faisabilité et la validation physique de la spatialisation des modèles de pertes de sols à l'aide de la télédétection et des SIG. Ferdinand Bonn^{1*}, Jacques Mégier² et Abderrhman Ait-Fora³. ¹CARTEL, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, QC, Canada, ²Institut des applications spatiales, Centre Commun de recherche, Ispra, Italie, ³Département de géologie, Faculté des Sciences, Université de Kénitra, Maroc.

La spatialisation des modèles de pertes de sols dans un environnement de SIG avec l'aide de la télédétection peut donner des résultats spectaculaires, exprimées souvent sous forme de cartes de pertes de sols annuelles sur de grandes surfaces. Toutefois, ces cartes sont le résultat d'un processus de spatialisation qui requiert beaucoup de suppositions en termes d'échelles, de continuité des unités de paysage, de marges d'erreur, etc.

Ces modèles spatialisés n'ont été validés sur une base physique que dans des cas rares, en utilisant des indicateurs comme l'accumulation de sédiments dans des lacs de barrage ou des traceurs radioactifs comme le Cs¹³⁷ sur les versants. Même dans ces cas, les échelles spatiales et temporelles des processus observés et modélisés correspondent rarement.

De ce fait, avant de passer à la spatialisation automatique des modèles de pertes de sols, nous suggérons de procéder à une identification d'indicateurs régionaux ou historiques de la dégradation des sols, qui, même s'ils sont qualitatifs, permettent d'évaluer les marges d'erreurs et d'éviter la généralisation abusive de résultats locaux.

La communication illustre sa réflexion par la présentation de résultats quantitatifs obtenus dans un bassin versant du Rif marocain.

Système d'information géographique et gestion des ressources en eau d'un bassin versant tunisien. Cas du bassin versant d'El-Gouazine. Bergaoui, Mohamed, IRESA, 30 rue Alain Savary, 1002 Tunis, TUNISIE.

Notre étude a pour objectif l'utilisation d'un "SIG" pour la gestion durable des ressources en eau et en sol en milieu semi-aride tunisien. Cette approche doit permettre la mise en place d'un outil d'aide à la décision permettant la programmation des actions de mobilisation des eaux et d'aménagement anti-érosif ainsi que la gestion durable et la valorisation du volume d'eau retenue.

Cet outil permet en outre de simuler différents scénarios afin de prévoir et de faire face aux défaillances dues à l'insuffisance des ressources pendant les années ou saisons de faible pluviométrie.

Le bassin versant retenu "Ez zroud" de superficie 180 km² est situé en Tunisie Centrale en zone semi-aride, ce qui permet une étude cohérente et exhaustive. Il est aménagé en partie. Le "SIG" sera utilisé comme outil d'inventaire de certains usages de l'eau. Son intérêt dans notre étude est de permettre :

- Une délimitation plus précise du bassin versant.
- Une mise en évidence du réseau hydrographique accompagné d'une évaluation de sa dégradation.
- Un inventaire des zones inondables avec localisation des aires contributives.
- L'établissement d'une carte d'occupation des sols et d'une carte d'érosion.
- Éventuellement une correction ou une mise à jour des informations digitalisées sur les cartes (aménagement nouveaux ou ceux ayant disparu).
- L'établissement d'un inventaire de la retenue (envasement, durée de vie).

Cartographie des sols et gestion de l'eau depuis l'échelle régionale jusqu'à l'échelon parcellaire. L'exemple du Languedoc-Roussillon (France). Michel Bornand, Jean-Claude Favrot, UFR Science du Sol. Centre INRA - 2, place Viola - 34060 Montpellier Cedex 1 - FRANCE - Fax : 04.67.63.26.14

L'importance des diverses fonctions du sol vis-à-vis du cycle de l'eau (régulation, épuration, production de biomasse) impliquent une bonne connaissance de la couverture pédologique en vue d'une gestion raisonnée de ces deux ressources naturelles.

Dans ce but, en France, depuis 1990, un programme national intitulé «Inventaire, Gestion et Conservation des Sols»

(IGCS) a été mis en oeuvre. Il envisage deux échelles d'espace :

- une échelle régionale, destinée à raisonner l'utilisation des sols, à partir de référentiels régionaux pédologiques établis sur la base de pédo-paysages inventoriés à 1/250.000;
- une échelle parcellaire, visant une gestion raisonnée des terres à partir de typologies régionales. Celles-ci sont réalisées sur la base de la cartographie détaillée d'aires-échantillons appelées secteurs de référence.

Cette démarche a été appliquée en Languedoc-Roussillon, région de 2 700 km² située au sud de la France sous climat méditerranéen.

Pour acquérir une vision synthétique des ressources en sol à l'échelle d'une vaste région, le concept intégrateur de pédopaysage a été retenu. L'inventaire cartographique consiste alors à identifier, délimiter et représenter des «unités pédo-paysagères», ensembles cohérents et interactifs de plusieurs types de sols. Elles sont définies en fonction de critères pédologiques, lithologiques, topographiques et d'occupation végétale. Les unités pédo-paysagères présentant de fortes relations de voisinage - du fait notamment de leur appartenance à un même système géologique, - sont regroupées au sein d'entités territoriales appelées «Petites Régions Naturelles» (pédologiques). Celles-ci occupent des superficies de 20 à 60 000 ha.

Les données des référentiels régionaux pédologiques, qui sont mobilisées, traitées, interprétées grâce aux outils SGBB et SIG, permettent de raisonner l'usage des sols en fonction des ressources en eau régionales. Plusieurs applications ont été réalisées en Languedoc-Roussillon : carte des réserves en eau des sols, aptitude des sols à la diversification culturale (après arrachage du vignoble) et irrigation, possibilités d'épandage de composts urbains sans contamination des nappes, etc....

L'amélioration de la gestion des sols à l'échelle des parcelles et des exploitations agricoles est recherchée en élaborant des typologies de sols micro-régionales accompagnées de références agronomiques et hydrauliques. Le territoire d'intervention est la petite région naturelle. L'inventaire des sols est effectué grâce à la cartographie détaillée (1/10 000) d'un secteur de référence couvrant un millier d'ha environ. Les références agro-techno-environnementales associées sont déduites des propriétés des sols et d'autres approches : enquêtes chez les exploitants agricoles, modélisation, expérimentation. La valorisation de ces références, sur les territoires à aménager ou à protéger, est obtenue après un «retour à la parcelle». Il s'agit d'une cartographie rapide des sols présents en vue de leur rattachement à un ou plusieurs types de sols régionaux. Des applications concrètes en matière de programmes collectifs de drainage et d'irrigation ont été menées à l'aide de cette méthode en Languedoc-Roussillon.

Des recherches méthodologiques sont en cours, faisant largement appel aux outils informatiques et à l'intelligence artificielle, pour améliorer l'identification et la délimitation d'une part des unités pédo-paysagères, d'autre part des types de sols, ceci en vue notamment d'intégrer des données dans des modèles hydrologiques et pédologiques spatialisés.

Cartographie de l'érosion sur le bassin versant de l'Esen (Turquie). Prof. Dr. Orhan Dogan, Directeur Institut Recherche Services Ruraux, B.P. 253 Bakanliklar - Ankara/TURQUIE, Dr. Nurgül Küçükçakar, Chef de la Section de la Conservation du Sol IRSR, B.P. 253 Bakanliklar - Ankara/TURQUIE.

Dans le cadre des interventions du Centre d'Activités Régionales pour le Programme d'Actions Prioritaires (CAR/PAP) relevant du plan d'Action pour la Méditerranée (PAM), et en collaboration avec l'Institut de Coopération de la Nature d'Espagne (ICONA) et la FAO, il a été décidé d'élaborer une méthodologie commune pour la cartographie et les mesures de l'érosion hydrique susceptible d'être utilisée par l'ensemble des pays méditerranéens. L'objectif de ce programme d'action est d'identifier une méthode objective adaptée à la réalité des zones côtières méditerranéennes permettant d'homogénéiser et d'harmoniser les connaissances disponibles ou à acquérir concernant l'érosion hydrique affectant ces zones.

Au but de la cartographie de l'état et le risque de l'érosion qui se voit dans tous les pays méditerranéens selon la méthodologie déterminée, on a choisi certains bassins-versants dans les trois pays méditerranéens, la TURQUIE, l'Espagne et la Tunisie.

Le travail de la cartographie de l'érosion a été réalisé dans le bassin-versant d'Esen se trouvant au bord de la mer méditerranéenne. On a utilisé, les méthodologies déterminant l'érosion actuelle (érosion prédictive) et le risque d'érosion (érosion descriptive).

Afin de réaliser la carte de l'érosion du bassin-versant d'ESEN et le sous-bassin, Akçay, on a profité des photographies aériennes existant à l'échelle de 1/15 000 et 1/35.000 d'une part et les études faites sur le terrain d'autre part. Finalement, on a établi à moyenne échelle (1/50.000 et 1/100 000) la carte de l'érosion du bassin versant d'Esen et son sous bassin versant d'Akçay.

Étude comparative de la variabilité spatiale intraparcellaire dans quelques agroécosystèmes du Québec. Nolin*, M.C., Cambouris, A.N. et Simard, R.R. CRDSGC de Sainte-Foy, Agriculture et Agroalimentaire Canada et CRH, Université Laval.

L'agriculture de précision (AP) permet aux producteurs de connaître, de comprendre et de gérer la variabilité spatiale des sols présente à l'intérieur des parcelles. Le succès de cette approche repose en partie sur la précision et la fiabilité des méthodes d'interpolation spatiale utilisées dans les systèmes d'informations géographiques (SIG), sur la variabilité naturelle des territoires étudiés et sur la stratégie d'échantillonnage retenue pour caractériser la variabilité spatiale des indicateurs de la fertilité des sols. Au Québec, la densité d'échantillonnage utilisée dans les services de cartographie de la fertilité des sols avec système de positionnement par satellite (SPS) est généralement uniforme pour l'ensemble du territoire du Québec, soit un échantillon par ha (grille rectangulaire de 100 m x 100 m). Cette densité, établie à partir d'études réalisées aux États-Unis, s'avère suffisante dans la région pédologique de la plaine de Montréal mais semble souvent insuffisante pour assurer la fiabilité de la prédiction dans les régions pédologiques présentant plus

d'hétérogénéité pédologique et de complexité du pédopaysage comme c'est le cas dans la région des hautes terrasses du Saint-Laurent située de part et d'autre de la plaine de Montréal. Cette stratégie sera évaluée à partir de cas concrets du Québec provenant de ces deux régions pédologiques. L'étude comparative des coefficients de variation (CV) des descripteurs étudiés et de quelques paramètres géostatistiques (portée, ratio effet de pépite /plateau, etc.) servira à commenter cette évaluation. Des stratégies alternatives (dispositif et densité d'échantillonnage, stratification à partir de la carte pédologique ou des photographies aériennes, etc.) seront présentées pour améliorer la fiabilité de la prédiction tout en maintenant la densité de prospection au minimum. La possibilité d'utiliser des capteurs électroniques en temps réel sera aussi abordée.

Fafard

Détection hyperspectrale de la teneur en fer et en carbonates des sols méditerranéens dégradés. Caroline Forest^{1*}, Ferdinand Bonn², Wolfgang Meh³ et Stefan Sommer³. ¹Centre canadien de télédétection, Ottawa, ON., Canada, ²CARTEL, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, QC, Canada, ³Institut des applications spatiales, Centre Commun de recherche, Ispra, Italie.

La dégradation des sols en milieu méditerranéen, plus précisément dans le bassin de la Guadalentin en Espagne, est le résultat de plus de 2 000 ans de mise en culture et d'exploitation intensive des ressources dans un contexte de climat semi-aride. Afin d'évaluer le niveau de dégradation des sols dans ce secteur, ce travail présente l'hypothèse que la variation de la réponse spectrale des sols et du couvert végétal est une indication du niveau de dégradation du milieu en région semi-aride. Cette recherche comporte deux principaux objectifs : (1) la comparaison entre les bandes d'absorption de la réponse spectrale, quantifiées à l'aide de la courbe-enveloppe et la composition physico-chimique des sols, entre autres le contenu en oxydes de fer, en carbonates et en matière organique et (2) l'application de la méthode de l'algorithme de démixage spectral linéaire sur des signatures complexes d'images acquises à l'aide d'un spectroradiomètre imageur terrestre basé sur une caméra CCD à haute résolution spatiale.

Le suivi de l'érosion au Burkina Faso. Utilisation d'un modèle cartographique. S. Guillobez*, (CIRAD - France), F. Lompo (INERA - Burkina Faso), G. de Noni (ORSTOM - FRANCE).

La formule de Wischmeier est utilisée pour estimer les pertes en terre essentiellement au niveau de la parcelle voire du versant. Son universalité est mise en doute, ainsi elle ne semble pas applicable en domaine soudanien en sol battant. Par contre, les paramètres qu'elle utilise sont pertinents. Au niveau d'un pays tout entier, le suivi qualitatif de l'érosion intéresse les décideurs. Afin de pouvoir fournir à ceux-ci un outil géographique qui permette un aperçu synthétique de l'érosion au niveau de l'ensemble du Burkina Faso, un modèle cartographique a été établi. Les paramètres de l'érosion utilisés à ce niveau de perception sont : l'agressivité des pluies, la susceptibilité des sols à l'érosion, la couverture du sol, l'utilisation par l'homme du milieu. Dans un premier temps un document cartographique de base a été établi après étude de cartes : climatiques, pédologiques, administratives, d'occupation du sol, de zones réservées.

Du fait du gradient climatique nord sud, la carte climatique (un zonage agro-climatique) n'a pas été utilisée. Au niveau des sols un document pédologique simple représentant les grands types de pédogenèses a été utilisé. Beaucoup de données concernant l'homme sont des statistiques au niveau de la province (unité administrative majeure au Burkina) qui provoquent un biais important en fonction de l'utilisation réelle du sol. Pour limiter les erreurs dues à ce type de données, la carte des zones réservées ou des usages (parcs, forêts classées, réserves, usage libre) a été également retenue. Enfin, toujours dans le souci de minimiser les erreurs, une carte de l'occupation du sol établie par analyse visuelle d'images satellites a été utilisée. Ces quatre types de cartes après numérisation ont été croisés par *concaténation* sous Arc/Info : carte des provinces (30 unités), carte pédologique (5 unités), carte des usages (4 unités), carte d'occupation du sol (4 unités).

La carte obtenue comprenait près de 400 polygones, ceux-ci ont été simplifiés en éliminant les polygones trop petits et en supprimant certains contours selon les priorités suivantes : usages > provinces > sols > occupation. À l'intérieur des zones à usage réservé (forêts classées, parcs, réserves) les autres limites ont été supprimées. Puis, quand deux contours étaient très voisins celui correspondant à la plus grande priorité a été maintenu. Le document cartographique de base final comprenait environ trois cents polygones. Cette nouvelle carte n'est pas à proprement parlé un zonage mais un *puzzle* constitué de polygones jointifs présentant des caractéristiques équiprobématiques en ce qui concerne : les caractéristiques climatiques, les types de sol (voire la géologie), l'utilisation qu'en fait l'homme. Nous l'appellerons cartes des zones équiprobématiques.

Cette base étant établie, il s'agit maintenant d'établir la base des données, c'est-à-dire de renseigner les polygones. La concaténation faite sous Arc/Info conserve les informations relatives aux cartes de base en fonction des priorités choisies. La base de données comprend en ligne les polygones et en colonne les types de données. Celles-ci peuvent être complétées selon les thématiques choisies. Dans le cadre de cette étude les paramètres utilisés pour classer les polygones en fonction de l'importance de l'érosion sont : plus ou moins pérennes, caractérisant le milieu : 1- l'agressivité des pluies (7 classes hiérarchisées), les polygones ont été renseignés directement en fonction des connaissances sur ce paramètre, 2- la susceptibilité des sols à l'érosion (4 classes hiérarchisées), on a utilisé les résultats obtenus en parcelle de Wischmeier et la texture des grands types de sol, 3- l'usage des sols (2 classes : libre ou réservé), 4- l'emprise agricole (7 classes hiérarchisées), et 8- l'occupation du sol (4 classes hiérarchisées) évolution rapide dans le temps, caractérisant l'influence de l'homme : la densité de population (9 classes) et la charge en animaux en UBT (7 classes).

Le modèle a été établi pour l'année 1985 en fonction des données statistiques existantes (recensement général de la population, statistiques sur l'élevage). La formulation utilisée est linéaire, chaque paramètre de classe étant additionné

après pondération. Les paramètres ont été établis en utilisant comme base terrain : une carte de la dégradation des terres au Burkina Faso et la connaissance des problèmes d'érosion affectant le pays.

Une projection pour 1995 a été faite en fonction des données statistiques nouvelles concernant la population et le cheptel. Un paramètre supplémentaire a été introduit : la réponse des paysans expliquée par le pourcentage de superficies ayant des aménagements anti-érosifs. Ce modèle expérimental est empirique, il exige un calibrage et une validation sur le terrain. Des logiciels de type Bases de Données et de SIG sont utilisés.

Une approche multiscalaire à la gestion des sols et des eaux : le cas de la partie agricole du bassin versant de la rivière L'Assomption. Patrick Beauchesne*, J.-P. Ducruc, M.-J. Côté, S. Allard. et G. Chabot, Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec, Service de la cartographie écologique

Le cadre écologique de référence (CER) du ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec est une méthode de cartographie et de classification des écosystèmes terrestres et des hydrosystèmes. Il fournit des informations structurées à l'égard de la géologie, des formes de relief, de la nature des dépôts de surface (modes de mise en place, texture, épaisseur, pierrosité, stratigraphie, drainage) et de leur organisation spatiale sur un territoire donné. L'approche multiscalaire à plusieurs niveaux de perception permet d'effectuer des analyses écologiques tant au niveau régional que local.

Une analyse régionale : les nappes d'eau souterraines

Les districts écologiques, cartographiés à l'échelle 1 : 250 000, ont été utilisés pour une analyse de la vulnérabilité des nappes d'eau souterraines à la pollution, pour toute la partie agricole du bassin versant (1045 km²). Un district écologique est une portion de territoire caractérisée par un patron de relief issu d'une structure géologique, géomorphologique et stratigraphique particulière. La caractérisation de la stratigraphie a été réalisée à l'aide des points de forage provenant de la base de données hydrogéologiques du Québec. La vulnérabilité des nappes d'eau souterraines libres et captives a été évaluée à l'aide de la méthode DRASTIC. Couplés aux informations d'occupations actuelles du sol, les districts écologiques permettent d'appréhender les conflits d'usage du territoire à l'égard des eaux souterraines à l'échelle régionale.

Une analyse locale : la vulnérabilité des sols à l'érosion hydrique

Les entités topographiques cartographiées à l'échelle 1 : 20 000 ont été utilisées pour une analyse de la vulnérabilité des sols à l'érosion hydrique pour un sous-bassin versant d'une superficie de 70 km². L'entité topographique est une portion de territoire qui correspond à une forme de relief généralement simple. Elle est caractérisée par une forme de terrain et des combinaisons de dépôts de surface et de classes de drainage naturel. Une grille d'évaluation de la vulnérabilité des sols à l'érosion hydrique a été élaborée en considérant la texture, l'épaisseur, la pierrosité, la pente et l'occupation actuelle du sol. D'autres paramètres comme la configuration et la densité du réseau de drainage ont également été considérés lors de cette analyse. Les résultats obtenus permettent de cartographier les secteurs qui présentent une vulnérabilité élevée et de proposer, pour ces secteurs, des pratiques agricoles adaptées.

Variabilité du comportement hydrodynamique de sols dégradés en zone sahélienne et conséquences dans l'optique d'une réhabilitation de ces milieux. Thiombiano, L.*¹, Delhoume, J.P.², Gathelier, R.², Bakiono, G.¹, Kaboré, O.¹, Degoumois, Y.³, ¹INERA Ouagadougou, BURKINA FASO, ²ORSTOM, O Ouagadougou, BURKINA FASO, ³Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, SUISSE.

La dégradation des sols est une caractéristique générale de la zone sahélienne du Burkina Faso. Dans le cadre de l'étude de la désertification menée par l'INERA dans la Station de Recherches de Katchari, un site de 16 ha est l'objet de diverses recherches dont en particulier la caractérisation du comportement hydrodynamique des sols. La pluviométrie est de 550 mm et la végétation est constituée par une steppe arbustive à *Acacia spp.*

Cette étude a été réalisée sur trois états de surface : gravillonnaire, croûte d'érosion, sableux. Ce dernier état est le seul portant de la végétation, les deux autres états étant des surfaces dénudées. Les sols correspondants sont respectivement argileux de type peu évolué, sableux sur matériau brunifié (placages sableux) et ferrugineux lessivé à horizon A partiellement décapé (*zipellé*).

Afin de mettre en évidence le fonctionnement hydrodynamique de ces sols, trois méthodes ont été utilisées : la simulation de pluies, le double anneau de Müntz, l'infiltromètre à membrane (TRIMS). Une évaluation du taux d'humidité a été effectuée par la méthode pondérale.

Les résultats obtenus montrent un comportement hydrodynamique très différencié selon les trois types d'état de surface : - la conductivité hydraulique à saturation (simulation de pluie) est de 2 mm/h pour le *zipellé*, 3 mm/h pour le sol gravillonnaire et 28 mm/h pour le sol sableux, - la vitesse d'infiltration moyenne (Müntz) varie de 1,8 cm/h pour le *zipellé* jusqu'à 6,3 cm/h pour le sol sableux et 2,7 cm/h pour le sol gravillonnaire, - le front d'humectation ne dépasse pas 1 cm de profondeur dans le *zipellé* alors qu'il atteint 45 cm pour le sol sableux et 8,5 cm dans le sol gravillonnaire, l'humidité étant respectivement de 9,8, 11,2 et 4,9 %.

Les surfaces dénudées (surface gravillonnaire et croûte d'érosion) apparaissent comme des milieux fortement dégradés où le bilan hydrique du sol est très déficitaire : il s'agit de milieux beaucoup plus favorables au ruissellement qu'à l'infiltration. C'est ce qui explique l'absence de végétation dans ces milieux. La réhabilitation de ces derniers passe par une modification du cycle de l'eau sur les versants. À l'inverse, les placages sableux éoliens ont un bilan hydrique très favorable : l'infiltration prédomine sur le ruissellement. Ce sont les seuls milieux occupés par la végétation herbacée et arbustive. C'est sur ces placages sableux que doit porter l'effort de réhabilitation car il s'agit de zones permettant à la fois l'implantation, le développement et la régénération des espèces végétales.

Simulation de l'érosion hydrique à l'échelle d'un bassin versant agricole. Duchemin, Marc¹, Lachance, Marius¹, Morin, Guy¹ et Lagacé, Robert² Institut National de la Recherche Scientifique (INRS-Eau), Université du Québec, 2800, rue Einstein, C.P. 7500 Sainte-Foy, Québec G1V 4C7 ² Université Laval, Département de génie rural, Ste-Foy, Québec G1K 7P4

L'érosion hydrique est un phénomène naturel qui peut s'aggraver sous l'action combinée de conditions climatiques et anthropiques particulières. À l'échelle d'un bassin versant, on mesure souvent l'importance de cette forme de pollution diffuse par les quantités de sédiments qui sont exportées à son embouchure. De façon générale, la quantité de sédiments disponibles pour le transport dépendra de l'importance et de la fréquence des agents d'érosion, des types de sols, de la topographie et de l'utilisation du territoire. La complexité du problème d'érosion/sédimentation demande donc d'investir dans des études qui tiennent compte de la variation spatiale et temporelle de ces caractéristiques. Ces études exigent l'emploi d'outils d'analyse de plus en plus sophistiqués.

L'objectif principal de notre projet consiste à développer et à appliquer une approche méthodologique de simulation qui permet d'évaluer, dans le temps et l'espace, l'ampleur des problèmes d'érosion hydrique et de transport des sédiments à l'échelle des bassins versants agricoles. Un modèle empirique d'érosion hydrique et de transport des solides en suspension (MODÉROSS), construit à partir des facteurs de l'Équation universelle de perte de sol et de ses modifications ultérieures, a été utilisé conjointement avec un système d'information géographique de type matriciel (SIG IDRISI). Le modèle d'érosion reçoit ses variables météorologiques et hydrologiques à partir du modèle hydrologique CEQUEAU.

Les principales étapes de la démarche de simulation sont : subdivision du bassin versant en unité de calcul relativement homogène (*i.e* cellule), détermination des caractéristiques climatiques et hydrologiques, définition du réseau de drainage, évaluation de la production de sédiments au sol et en rivière, approximation de la capacité de transport de l'écoulement, estimation de la concentration des solides en suspension et transfert des sédiments vers l'aval du bassin versant. Les calculs s'effectuent au niveau de la cellule et de la journée. La procédure proposée est calibrée en ajustant un ensemble de paramètres de calage de façon à reproduire le mieux possible les concentrations de solides en suspension mesurées sur les cours d'eau. Notre approche rend ainsi possible l'identification des secteurs d'un bassin versant les plus touchés par le problème d'érosion/sédimentation, où, éventuellement, un effort particulier d'intervention peut être porté.

La démarche proposée est appliquée à un bassin versant agricole de 78 ha localisé dans la région de Sherbrooke (Québec), plus précisément à la station expérimentale de Lennoxville. Les résultats simulés sont comparés aux concentrations de solides en suspension mesurées à l'exutoire du bassin versant. Les résultats préliminaires démontrent que l'approche de simulation pourrait s'inscrire favorablement dans le cadre d'un programme de gestion des ressources sol et eau à l'échelle d'un bassin versant.

Affiches

Desorption of phosphorus from sulfide tailings treated with lime, phosphate, and peat moss-shrimp wastes compost. Ahmed Aajjane¹, Antoine Karam², and Léon Étienne Parent², ¹Département de géologie. Faculté des sciences. B.P. 20. Université Chouaib Doukkali. El Jadida. Maroc, ²Équipe de Recherche en Sols Agricoles et Miniers (ERSAM). Département des sols et de génie agroalimentaire. Université Laval, Québec, Canada G1K 7P4.

The objective of this study was to evaluate the desorption of residual phosphorus (P) from limed sulfide tailings (ST) receiving P fertilizer from three sources. In the summer 1993, sulfide tailings (pH 2.65) were collected in the 0-25 cm top layer at the abandoned Solbec-Cupra mine located 80 km North East of the city of Sherbrooke, Quebec, Canada. The samples were air-dried, crushed to the original size range, and well mixed. Reagent-grade CaCO₃ was thoroughly mixed with the tailing samples at rates of 1.1, 1.7 and 3.0% prior to corn cultivation. A commercial peat moss-shrimp wastes compost, a commercial bone flour, and reagent-grade KH₂PO₄ were used as P sources. The treatments were arranged in a randomized complete block design with three replications. The P desorption data (after harvest) were related to temperature were fitted to the following equation: $\log Q_{10} = [10/(T_1 - T_2)] \log(P_2/P_1)$, where Q₁₀ is the temperature quotient, P₂ et P₁ are the amounts of DTPA-extractable P at temperature T₁ (4°C) and T₂ (30°C), respectively. The temperature quotient values were correlated with the following parameters: dry matter yield (r=-0.51**), P content of corn tissues (r=0.49**) and tailing pH(CaCl₂). The Mehlich 3 test for available-plant P (P-M3) extracted more P from tailing samples than did the Olsen bicarbonate test, but P-M3 was highly correlated with P-Olsen (r=0.51**). This study demonstrates that P desorption depended on pH and content of sesquioxides of Fe and Al. Our results suggest that the Mehlich 3 extractant would be more suitable than either the Olsen bicarbonate or the acid ammonium oxalate methods for assessing the plant-available phosphorus content of cultivated ST.

Effect of sewage sludge-lime amendment on the growth of barley on a silt loam soil. Julien A. Hountin¹, Antoine Karam², and Ahmed Aajjane³, ¹Pacific Agri-Food Research Station. Agriculture and Agri-Food Canada. Agassiz, British Columbia, Canada V0M 1A0, ²ERSAM, Département des sols et de génie agroalimentaire. Université Laval, Québec, Canada G1K 7P4. ³Département de géologie. Faculté des sciences. B.P. 20. Université Chouaib Doukkali. El Jadida. Maroc. A greenhouse experiment was conducted to determine the effect of anaerobically digested sewage sludge treated with limestone (SL) on barley (*Hordeum vulgare* L.) grown on a Le Bras silt loam soil (Humic Gleysol). A control, four rates of SL applied alone and in combination with two rates of nitrogen, phosphorus, and potassium (NPK) chemical fertilizer were evaluated. Treatments were arranged in a randomized complete block design with four replicates. Analysis of variance was conducted to determine main effect and interaction significance using the General Linear Model statistical program of the SAS statistical package. Applications of SL to soil enhanced the growth of barley over the control. Analysis of variance showed a quadratic simple effect of SL rate, highly significant (P<0.01), on dry matter straw yield. The results showed that application of SL beyond 150 kg N/ha did not further increase the growth of barley. The same pattern was observed with the number of tillers and the number of ears. The relationship between growth parameters of barley and some chemical properties of growing media was established. There was an effect of SL rate on heavy metal contents of shoots of barley plants but Al, Cu, Fe, and Zn remained well below suggested tolerance levels for agronomic crops.

Caractérisation physico-chimique et utilisation d'amendement organique en vue de rehausser la fertilité de résidus miniers sulfureux acides. Antoine Karam¹ et Ahmed Aajjane², ¹Équipe de recherche en sols agricoles et miniers. Département des sols et de génie agroalimentaire. Université Laval, Québec G1K 7P4, ² Département de géologie. Faculté des sciences. B.P. 20. Université Chouaib Doukkali. El Jadida. Maroc.

La mise en végétation de résidus miniers acides est une opération complexe due à leur faible potentiel de fertilité. Les principaux objectifs de cette étude sont de déterminer quelques propriétés physico-chimiques de résidus miniers sulfureux acides (RM) et d'évaluer la capacité de ces résidus à supporter une croissance végétale en utilisant un mélange d'amendements organiques composé de sciures de bois (pin et épinettes) et de compost à base de tourbe et de déchets de crevettes. En 1992, diverses couches de résidus miniers ont été prélevées à plusieurs endroits sur le parc à résidus miniers de l'ancienne mine East Sullivan, Val d'Or. Les résidus non oxydés ont une couleur gris-bleu alors que les résidus oxydés ont une couleur variant du jaune à l'orange. Les valeurs de pH des RM sont très fortement à extrêmement acides, elles se situent entre 2,15 et 3,50 en surface (0-15 cm) et entre 2,00 à 3,95 en profondeur (15-80 cm). Les valeurs de conductivité électrique des extraits aqueux des RM varient considérablement entre les sites, elles se situent entre 0,30 et 5,00 dS/m. Les résultats de l'analyse granulométrique montrent une dominance de particules de la taille de sable dans les couches de surface mais une dominance de particules de la taille de limon dans les couches inférieures. Les couches de surface tamisées à 2 mm contiennent en moyenne % de sable très grossier, % de sable grossier, % de sable moyen, % de sable fin et % de sable très fin. Les valeurs de densité apparente varient entre 1,02 et 1,70 g/cm³. L'analyse des couches d'un profil (0-70 cm) de RM révèle que les particules libres de pyrite et quelque fois la chalcopyrite, sont altérées en surface. La chalcopyrite est concentrée principalement dans les couches inférieures (40-50, 50-60 et 60-70 cm) alors que la pyrite est présente dans les toutes les couches. Les espèces végétales suivantes, fétuque rouge, agrostide de Penncross, coronille et trèfle rouge de même que les mélanges Lab Soc et Vert éternel se sont bien développés dans les milieux de croissance. Dans une autre série d'expériences, les résultats des essais culturaux en serre montrent que l'addition de quantités croissantes de sciure de bois (0, 75, 150 et 300 g/1,5 kg de RM) a augmenté de façon graduelle les rendements en matière sèche de la fétuque rouge et de la fléole des prés.

Comparison of different methods to evaluate pesticide sorption. Josée Fortin, Équipe de Recherche en Sols Agricoles et Miniers (ERSAM), Département des sols et de génie agroalimentaire, Université Laval.

Batch equilibrium and soil column leaching with continuous flow and intermittent flow experiments were conducted to evaluate simazine sorption on a loamy sand. Different results were obtained depending on the technique used to evaluate pesticide sorption. The batch sorption results obtained from the literature followed the Freundlich equation, with $k_f = 0.38 \text{ mg/kg}$ and $n = 0.85$. However, the results from column continuous flow experiments using different flow velocities were best fitted with the rate-limited sorption model and the two stages-one rate sorption model, showing that equilibrium was not reached under transport conditions. The results from the flow interruption experiment could only be described by the introduction of a much slower second sorption rate to the model (2 stages-2 rates sorption model). This implies that diffusion inside aggregates could be an important sorption process in the loamy sand at very low flow velocity. These results emphasize the need of using transport conditions when possible to evaluate sorption.

Effect of an organic amendment and a clayey soil on some chemical properties of a red mud. Josée Fortin et Antoine Karam, Équipe de recherche en sols agricoles et miniers. Département des sols et de génie agroalimentaire. Université Laval, Québec, Canada G1K 7P4.

This investigation was undertaken to evaluate the effect of a compost on some chemical properties of a bauxite residue and the composition of the drainage water. Peat moss-shrimp wastes compost was the organic amendment selected because of its low pH and favorable nutrient composition. Many chemical properties of the red mud were improved by the addition of increasing doses of compost. The pH, the electrical conductivity (EC), the exchangeable sodium and the extractable aluminum contents decreased in the compost amended treatments as compared to the control. On the other hand, the organic carbon and the extractable phosphorus contents of the compost-red mud mixtures were higher than those of the control. No difference were observed in the pH, EC and Na content of the drainage water for the compost-red mud treatments as compared to the control. However, the Al content of the drainage water was increased following the addition of the compost to the red mud. Greenhouse experiments were also conducted to examine the short-term effect of the same compost (pH 5.0) and a clayey soil (pH 8.0) in their ability to improve substrate pH. High density polyethylene columns of 10 cm inner diameter and 35 cm length were used. There were six treatments, formed by the combination of three rates of compost (0, 6 and 8%) and two rates of clayey soil (36 and 53%). All treatments were replicated twice and placed in the greenhouse according to a completely random experimental setup. In general, the pH value and the content of DTPA- extractable Al of soil-compost-red mud mixtures decreased. DTPA-Al concentrations were positively related with substrate pH ($r = -0.789^*$). Culture media with pH values > 9.8 were found to inhibit puciniella (*Puciniella distans* L.) seedling emergence.

Modeling nitrogen fertilization in potato cropping systems. Hong LI, Léon Itienne PARENT, and Antoine KARAM, Équipe de Recherche en Sols Agricoles et Miniers (ERSAM), Département des sols et de génie agroalimentaire, Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation, Université Laval, Québec, Canada, G1K 7P4.

The objective of the study was to develop a model for soil-crop nitrogen (N) cycle in the perspective of a sustainable agricultural production. The model AAgroN@ simulates processes of mineralization, uptake, transfer and transport of N in potato cropping systems by using the software Stella II™. AAgroN@ comprises three sub-models as follows: (1) AN mineralization@, (2) AN fertilization in potato cropping systems@ and (3) AN transfer in potato cropping systems@. The model is unidimensionnal and uses a daily time step. The sub-model Anitrogen mineralization@ simulates the process of drainage of biomass residues and humus and the process of production of mineral nitrogen by mineralization. The predicted N_{nr} (N mineralized from crop residues) and N_{nh} (N mineralized from humus) were 18 and $46 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$, respectively. The simulated production of organic matter (OM) from the preceding crop and the predicted loss of OM by mineralization were 210 and $985 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$, respectively. The sub-model Anitrogen fertilization in the agroecosystem@ simulated a recommendation for N by aiming a potential uptake and a 20% reduction of full rate including N_{nr} and N_{nh} and uptake efficiency coefficients. The sub-model AN transfer in potato cropping systems@ simulated processes of nitrogen uptake, transfer and losses by leaching and denitrification. The modeling of fertilization and N transfer allowed to predict daily requirements of N for potato crop. The model was validated by comparing predictions with measures obtained in Quebec. The model AAgroN@ satisfied the principles of sustainable agriculture by respecting soil conservation, using system internal resources, and reducing fertilization.

Indices de phosphore dans les sols voués à la culture de la pomme de terre. A. Adou Rahim Alimi, L.É. Parent, C. Tremblay et A. Karam, Équipe de Recherche en Sols Agricoles et Miniers (ERSAM), FSAA, Université Laval. Québec, G1K 7P4.

Les charges de P appliquées dans les agroécosystèmes de pommes de terre peuvent être évaluées à l'aide d'indicateurs agro-environnementaux. Nous avons inventorié une soixantaine d'échantillons de sols cultivés en pommes de terre chez des producteurs du Québec. Nous avons aussi étudié l'effet du chaulage et de la nutrition phosphatée sur la qualité du système sol-plante. Une corrélation hautement significative a été observée entre le P-Mehlich-3 (P-M3) et le rapport $100(P-M3)/(Al-M3)$. Ces deux derniers indicateurs étaient reliés au P soluble et au rendement de la culture. Le rapport $100P-M3/Al-M3$ était doté d'une capacité discriminante supérieure au P-M3 que ce soit vis à vis de la désorption du P ou de la réponse de la culture à la fertilisation phosphatée. Les valeurs critiques provisoires de ce rapport entre les différentes classes de risque environnemental étaient de 4,5 (faible/moyen) et de 9,3 (moyen/élevé). Celles entre les classes de réponse de la culture à la fertilisation phosphatée étaient de 6,6 (élevé/moyen) et de 9,7 (moyen/faible). L'indice foliaire CND critique du déséquilibre nutritif se situait à 1,5.

Effets de matériaux biologiques sur quelques propriétés chimiques de deux sols agricoles du Québec. Pascale Lancien¹ et Antoine Karam², ¹Institut Supérieur d'Agriculture. 59046 LILLE CEDEX. France, ²Équipe de recherche en sols agricoles et miniers (ERSAM), Département des sols et de génie agroalimentaire. Université Laval, Québec, Canada G1K 7P4.

Cet essai a pour but d'évaluer les effets de la source et de la dose de matériaux biologiques (MB) sur l'amélioration de quelques propriétés chimiques de deux sols à texture contrastée ainsi que sur l'adsorption du zinc. Les MB utilisés sont le compost commercial à base de tourbe et de déchets de crevettes (CTC), le compost commercial à base de fumier de ferme (CF), la farine d'os (FO) et la farine de poisson (FP). Les deux sols sont le sable loameux de la série St-Jude (0-15 cm) et l'argile de la série Ste-Rosalie (20-40 cm). Plusieurs portions d'échantillons de sols ont été mélangées avec quatre doses de MB puis répartis au hasard à l'intérieur de chacune des trois répétitions, selon un dispositif en blocs avec arrangement factoriel. Les valeurs de pH ont varié entre 5,50 et 7,66 pour les échantillons de sol sablonneux et entre 6,33 et 7,89 pour le sol argileux. De façon générale, les valeurs de pH ont augmenté dans l'ordre suivant: CTC < FC < FO < FP. L'indice de disponibilité des cations basiques échangeables (Ca, Mg et K) a augmenté avec les doses d'application de MB. À l'exception de CTC, l'apport de CF, de FO et de FP a contribué à augmenter le pH du sol sablonneux (pH initial 5,5). Par contre, l'apport des MB a diminué légèrement le pH du sol argileux (pH initial 7,89). L'analyse de variance (ANOVA) a montré que le type d'amendement a joué un rôle prépondérant dans la variation du pH du sol sablonneux alors que l'effet de la dose d'amendement était prépondérant dans le cas du sol argileux. Les interactions étaient également significatives. En considérant l'ensemble des échantillons (n = 26), les valeurs de pH ont été négativement corrélées avec le contenu en matière organique (r = -0,543**). Les résultats ont indiqué que l'apport de MB a augmenté la capacité de rétention du zinc dans les deux sols.

Cartographie des carbonates de la vallée de l'Artibonite (Haïti). Moti¹, M., et M.P.Cescas¹, ¹Étudiant gradué en Sols, Département des sols et de génie agroalimentaire, FSAA, Université Laval, Québec, G1K 7P4, Canada, ²Professeur, Département des sols et de génie agroalimentaire, FSAA, Université Laval, Québec, G1K 7P4, Canada.

Dans une étude précédente Nault et Cescas (1997) ont montré le caractère éminemment calcaire des sols de la vallée de l'Artibonite. Seul le calcaire total avait été alors déterminé. Il est donc apparu utile d'étudier, avec les mêmes échantillons, les différentes formes sous lesquelles se trouvaient ces carbonates (calciques et magnésiques) par la méthode chimique de Petersen, Chesters, et Lee (1966). De plus, comme cela a été régulièrement fait en Europe, le calcaire actif a été mesuré suivant la méthode de Drouineau (1941). Les teneurs en carbonates totaux varient entre 18,3 % et 29,7% pour l'échantillon de surface. Les contenus sous forme calcique (CaCO₃) varient de 11,5% à 28,7% avec une moyenne de 20,47%, et ceux sous forme dolomitique (Ca,MgCO₃) varient de 0,6% à 12,5% avec une moyenne de 5,62%. Les carbonates actifs varient de 5,12% à 14,61% avec une moyenne de 10,97%.

Les cartes thématiques en isolignes obtenues par krigeage avec le logiciel SURFER (ver. 6.0) permettent de visualiser la distribution spatiale des différentes formes des carbonates dans la vallée de l'Artibonite.

Cartographie de la fertilité des sols de la vallée de l'Artibonite (Haïti). Nault¹, I., et M.P. Cescas², ¹Professeur, Institut de Technologie Agricole, IIT La Pocatière, Québec, Canada, ²Professeur, Département des sols et génie agroalimentaire, FSAA, Québec, Canada G1K 7P4.

La vallée de l'Artibonite est une région agricole des plus importantes d'Haïti. La riziculture (deux récoltes possibles par an avec un potentiel de rendement de 7 tonnes métriques par hectare) y est dominante (27000 hectares) avec des productions de contre-saison (aubergines, tomates, etc.) sur 3000 hectares. La présente étude a été entreprise dans le but de faire, pour l'année 1990, un inventaire et une cartographie de différents paramètres de la fertilité des sols rizicoles de la vallée. Les sols ont été échantillonnés en surface (0-15cm) à l'aide d'une grille pré-établie sur une carte topographique. Le logiciel SURFER a permis une visualisation spatiale de différents paramètres de fertilité (pH-eau, pH-CaCl₂, pH-KCl, conductivité électrique, contenus en argile et limon; % mat. org.; sulfates; carbonates totaux; N total; Cu, Zn, Mn, Fe et à disponibles; Ca, Mg, K, et Na échangeables; P-Mehlich3; P-à ray2; P-Olsen; CEC; et C/N) grâce à la méthode d'interpolation par krigeage. Les cartes présentées permettent, même à petite échelle, de situer les zones à risques (salinité, niveaux d'éléments nutritifs majeurs et mineurs faibles, pouvoir chlorosant, pouvoir de fixation ou d'inactivation pour certains éléments, etc...) et de prévoir leur gestion agronomique optimale.

Cartographie de la fertilité des sols de la vallée du Cul-de-Sac (Haïti). Guillaume¹, H., et M.P. Cescas², ¹MARNDR et FAMi (Damien, Haïti), ²Département des Sols et de génie agroalimentaire, FSAA, Université Laval, Québec, Canada G1K 7P4.

La vallée du Cul-de-Sac, de par sa proximité de la capitale Port-au-Prince, est d'une grande importance tant agricole que géo-politique pour le pays. Quoiqu'il exista déjà une étude générale, faite par l'Organisation des États Américains (1972), sur la capacité de la production agricole des sols d'Haïti, il a semblé utile d'en étudier quantitativement différents paramètres représentatifs de la qualité agricole des sols de la vallée du Cul-de-Sac et d'en faire une cartographie thématique. Un échantillonnage systématique, à l'aide d'une grille tracée sur une carte topographique, des sols de surface (0-15cm) et de profondeur (15-30cm) a été fait en 1989. Les caractéristiques de fertilité des sols suivantes ont été obtenues: pH-eau, conductivité électrique, SAR, % matière organique, N total, C/N, carbonates totaux, C.E.C., P-Olsen, K éch., Ca éch., et Mg éch. Par la technique du krigeage les isolignes de contour des paramètres de fertilité ont permis de tracer des cartes de représentation spatiale des diverses caractéristiques des sols. Nul doute que la visualisation spatiale des caractéristiques des sols, même à petite échelle, pourra servir à l'aménagement du territoire, de même qu'à

la localisation des zones à risques d'un point de vue de la production agricole (si elles ne sont pas déjà connues).

Remerciements: L'auteur principal (H. Guillaume) remercie l'ACDI de lui avoir accordé une bourse d'étude dans le cas du projet ACDI-FAMI-FSAA.

Évolution à court et à long terme de la qualité de la matière organique et de la structure du sol sous différentes rotations et travaux de sol. Nicole Bissonnette*, D.A. Angers, et A. Légère. Agriculture et Agroalimentaire Canada, Sainte-Foy

Une étude a été réalisée afin de déterminer l'effet à court (à l'intérieur d'une saison) et à long terme (9 ans) de différents systèmes de culture sur les propriétés biologique, biochimique et physique de l'argile Kamouraska (Gleysol Humique Orthique). On a comparé une monoculture d'orge à une rotation orge-trèfle rouge en combinaison avec trois types de travail du sol : absence de travail du sol (NT), travail conventionnel annuel (TC) et travail réduit (TR) à l'automne suivant la récolte de trèfle rouge. Des mesures de la biomasse microbienne, des glucides totaux et solubles, de C organique et du diamètre moyen des agrégats du sol ont été faites à intervalles réguliers pendant neuf ans suivant l'implantation des parcelles dans la couche de sol 0-7.5 cm. À l'intérieur d'une saison, les facteurs climatiques et les opérations de travail du sol influencent la qualité de la matière organique (MO) et de l'agrégation. Par exemple au cours des 3 premières années, plus de la moitié de la variation de l'agrégation est par la teneur en eau du sol. Après 9 ans, NT et TR ont permis des augmentations du C total dans la couche de surface du sol respectivement de 37% et 20% par rapport à TC. Cependant, seul NT a permis une augmentation de l'agrégation et un enrichissement relatif de la MO en biomasse microbienne et en polysaccharides.

Le cadre pédologique de référence pour la corrélation des sols du Québec méridional : une approche intégrée. L. Lamontagne, M.C. Nolin et J.-M. Cossette, Centre de Recherches et de Développement sur les Sols et les Grandes Cultures de Sainte-Foy, Agriculture et Agroalimentaire Canada

Une perception globale et intégrée de la ressource sol a été, est et sera toujours un atout fondamental à son utilisation, son aménagement et sa gestion rationnelle et durable. Le cadre pédologique de référence (CPR) du Québec méridional a pour objectif la synthèse, la normalisation et la corrélation de l'information pédologique. Basé sur une approche utilisant à la fois la stratification et l'agglomération, le CPR présente une division du Québec méridional en cinq provinces, 20 régions et 45 sous-régions pédologiques. Selon les niveaux, la délimitation et la définition des unités du CPR ont été réalisées sur la base des éléments naturels et permanents suivants : 1) la roche-mère (géologie, géomorphologie, etc.), 2) l'altitude (*i.e* zones d'invasion des mers post-glaciaires), 3) la topographie (pente, modelé, etc.) et 4) le climat (température, précipitation et évapotranspiration). Il est proposé que les sous-régions pédologiques soient retenues comme aires de corrélations pédologiques (ACP), *i.e* des zones de distribution typique et quasi-exclusive des différents noms de sols (série de sols, types de terrain, etc.). Ainsi, tous les noms de sols identifiés dans les rapports pédologiques officielles du Québec sont classés selon leur province, région et sous-région pédologiques. Ce groupement des noms de sols du Québec peut servir de base pour la définition de groupes d'aménagement c'est-à-dire des sols relativement semblables quant à leurs utilisations, leurs besoins d'aménagement, leurs potentiels, leurs limitations, leurs vulnérabilités à la dégradation ou à la pollution environnementale et leurs réponses à l'application d'intrants. La création d'un CPR et la définition d'une ACP unique pour chaque nom de sols représentent un premier pas dans l'uniformisation et la corrélation de l'information pédologique. Ces activités sont essentielles pour assurer la qualité et le progrès de la production de données pédologiques à référence spatiale à l'échelle du Québec méridional.

Atlas agropédologique du sud-est de la plaine de Montréal. Lavoie*, S., Nolin, M.C., Lamontagne, L. et Cossette, J.-M. CRDSGC de Sainte-Foy, Agriculture et Agroalimentaire Canada.

Une meilleure connaissance des sols est essentielle à la gestion rationnelle des terres et de l'eau dans un contexte d'agriculture durable. C'est plus particulièrement le cas des caractéristiques intrinsèques des sols qui en déterminent le potentiel et la réponse à l'apport d'intrants ou aux divers travaux d'aménagement. C'est dans cet esprit qu'un atlas a été conçu pour une partie (sud-est) de la région pédologique de la plaine de Montréal. Le territoire couvert par cet atlas regroupe les comtés de Richelieu, Verchères, Saint-Hyacinthe et Chambly où des études détaillées des sols (échelle de 1:20 000) ont permis l'établissement d'une base de données sémantique et géographique sur les caractéristiques et les comportements des sols. Cet atlas a été produit à partir d'un système d'information géographique (ArcView 3.0 de ESRI) et d'un système expert (ALES) développé par une équipe de chercheurs de l'université Cornell à partir du modèle d'évaluation des terres proposé par la FAO.

L'atlas agropédologique du sud-est de la plaine de Montréal comprend 36 cartes représentant 1) quelques caractéristiques importantes des sols et des terrains associés (indicateurs du régime hydrique des sols, de la fertilité, de la qualité structurale, etc.); 2) leur possibilité d'utilisation agricole, 3) les facteurs limitant leur productivité 4) leurs besoins d'aménagement et leur réponse à ces aménagements et enfin 5) leur vulnérabilité à la dégradation et à la pollution des nappes d'eau souterraine et superficielle. Cet atlas s'adresse donc en premier lieu aux divers intervenants du milieu agricole qui désirent obtenir une perception agro-environnementale globale de ce territoire. Cependant, les ingénieurs et les aménagistes y trouveront également des renseignements utiles pour optimiser l'utilisation des terres et pour faciliter la prise de décisions éclairées, par exemple, lors du choix du tracé des routes, de l'établissement de zones résidentielles, industrielles ou récréatives, pour la protection et l'aménagement des boisés ou encore dans le choix de l'emplacement de sites d'enfouissement sanitaires minimisant les impacts face à l'environnement.

L'étude des sols du comté de Laprairie, Québec : de la prospection à l'interprétation. A. Martin*, L. Lamontagne et J-M. Cossette, Centre de Recherches et de Développement sur les Sols et les Grandes Cultures de Sainte-Foy, Agriculture et Agroalimentaire Canada.

Cette étude pédologique fait partie d'un programme de cartographie détaillée (1:20 000) d'un large secteur de la région pédologique de la plaine de Montréal. Elle constitue le deuxième inventaire des sols du comté de Laprairie, le premier ayant été réalisé en 1943 par A. Thériault et G. Godbout à l'échelle du 1:63 360. Le comté à l'étude est d'une superficie de 43 916 ha. Il est entièrement compris dans la région physiographique des basses-terres du Saint-Laurent et repose sur une assise rocheuse de type sédimentaire de l'époque Ordovicienne. Environ 75 % des sols sont utilisés pour la production agricole. Dans son ensemble, il s'agit d'une vaste plaine constituée d'argile d'origine marine ou fluviale, de matériau glaciaire (tills remaniés et fluvio-glaciaires) et de dépôts organiques (tourbières et marécages), situés à des altitudes variant de 10 à 60 m. La méthode des transects aléatoires stratifiés a été utilisée pour effectuer ce relevé pédologique. Suite à une étude préliminaire, le territoire a été stratifié de façon à attribuer une densité d'observation selon la complexité et la variabilité des pédo-paysages : soit de 1 obs./4 ha à 1 obs./8 ha. La photo-interprétation et l'analyse des informations obtenues sur les différents sites d'observation nous ont conduits étape par étape à l'élaboration de la carte finale. Plus de 6 000 profils ont été décrits et enregistrés le long de 539 transects. Ainsi, 52 séries et variantes de séries de sols ont été définies. La carte finale des sols du comté de Laprairie comprend 1 417 délimitations cartographiques regroupées en 151 unités cartographiques dont 18 sont des unités composées. Les sols argileux gleysoliques de drainage mauvais à imparfait, couvrent plus de 50 % du territoire. Ils se classent 2 ou 3 dans le système d'évaluation des possibilités agricoles de l'Inventaire des Terres du Canada. Le drainage et la structure sont les principaux facteurs limitant la production agricole. Les autres sols sont constitués de matériaux loameux ou squelettiques-loameux d'origine glaciaire et de matériaux sableux d'origine fluviale et présentent un développement gleysolique ou brunisolique. Ces sols au drainage imparfait à modéré, se classent 4 ou 5 dans le système d'évaluation des possibilités agricoles. Leurs principaux facteurs limitatifs sont la fertilité, la pierrosité, la pente, la structure et parfois la présence de couche lithique ou indurée. La carte pédologique détaillée du comté de Laprairie propose une meilleure connaissance des sols et de leurs comportements. Elle s'avère un outil moderne pour la gestion intégrée de la ressource sol à l'échelle de la ferme.

The effect of trace metal contamination on CO₂ evolution in urban soils. P. Murray*, N. Cook and W.H. Hendershot. Faculty of Agricultural and Environmental Sciences, McGill University, Macdonald Campus, 21,111 Lakeshore, Ste.Anne de Bellevue, QC, Canada, H9X 3V9.

Laboratory measures of microbial respiration have been performed using metal spiked soils and field soils. Results have been contradictory with scientists drawing a variety of conclusions; 1) that microbial activity is decreased due to trace metal contamination, 2) that natural selection takes place resulting in unaltered microbial activity despite contamination, and 3) increased microbial respiration is stress related due to pollutants. It has been suggested that *in situ* respiration rates for a contaminated soil may be similar to those of a comparable clean soil, thus reflecting a thriving microbial community. In this study microbial respiration rates for several contaminated urban soils are compared to a clean urban soil. Total metal concentrations of the contaminated soils range between 1.4-19 mg kg⁻¹ for Cd, 101-1 342 mg kg⁻¹ for Cu, 178-1 071 mg kg⁻¹ for Pb, and 280-6 510 mg kg⁻¹ for Zn. Total metal concentrations for the clean soil range between 0.5-1.8 mg kg⁻¹ for Cd, 6-14 mg kg⁻¹ for Cu, 7.7-26 mg kg⁻¹ for Pb, and 25-66 mg kg⁻¹ for Zn. Soils collected were incubated in darkened containers for six hours at which point a sample of headspace gas was taken and analyzed on a gas chromatograph for CO₂ evolution. The averages of the microbial basal respiration for the three contaminated soils were 2 590, 2 890, and 3 750 mg CO₂-C g⁻¹h⁻¹. They ranged between 2 030-4 730 mg CO₂-C g⁻¹h⁻¹. The average basal respiration rate for the clean soil was 3 240 CO₂-C g⁻¹h⁻¹ with a range of 1 740-4 760 CO₂-C g⁻¹h⁻¹. Analyzing the data for the sites, using a two way Anova, showed that there was no effect due to the site as well as the presence or absence of contamination. Soil Characteristics such as pH, organic matter, CaCO₃, CEC, and oxides may influence the respiration rates in these soils. In this preliminary study, the range in respiration rates reflects the heterogeneity of the site as opposed to any variability in soil trace metal contamination.

Évolution spatio-temporelle de la qualité des sols dans deux sites repères de la plaine de Montréal. Nolin*, M.C.¹, Wang, C.², Gregorich, E.G.², Deschênes, M.J.¹ et Lévesque, C.¹ CRDSGC de Sainte-Foy¹ et CRÉCO, Ottawa², Agriculture et Agroalimentaire Canada.

L'inventaire des problèmes de dégradation des sols agricoles du Québec mené par le MAPAQ en 1990 a soulevé l'importance des problèmes de dégradation de la structure, de la perte de matière organique et de la surfertilisation dans les diverses régions agricoles du Québec mais plus particulièrement dans les sols de la région pédologique de la plaine de Montréal fortement utilisés pour la production de maïs en monoculture. Afin d'évaluer l'effet à long terme des pratiques agricoles sur l'évolution spatio-temporelle de la qualité des sols et de l'eau, deux sites repères (17-QU et 18-QU) du réseau national de surveillance de la qualité des sols ont été établis dans le comté de Verchères en 1989. Le suivi fréquentiel (annuel, triennal, quinquennal, etc.) de quelques indicateurs agro-environnementaux ont permis de comparer l'effet de deux systèmes culturaux (ferme laitière vs ferme céréalière) et de deux types de rotation (fourrage-maïs-soya vs céréale-maïs-soya) sur la qualité des sols argileux de cette région. La production de cultures annuelles s'est principalement traduite par une accumulation plus grande de K (dépassant le seuil de 500 kg ha⁻¹ dans les deux sites) et de P (niveau «pauvre» dans le site 17-QU) dans la couche de surface du site 18-QU par rapport au site 17-QU. L'amélioration de la qualité structurale des sols par l'inclusion dans la rotation de plantes pérennes (luzerne et graminée fourragères) dans le site 17-QU n'a été évidente que les années où ces plantes étaient cultivées. Elle s'est alors principalement traduite par une meilleure stabilité structurale liée à une proportion plus grande de matière organique

active dans le site 17-QU que dans le site 18-QU. Cependant, aucune différence de cet indicateur n'a été observée entre ces deux sites à l'automne 1995 alors qu'ils étaient tous les deux cultivés en maïs. On a parfois enregistré une masse volumique apparente plus faible dans le site 17-QU que dans le site 18-QU mais elle était reliée à une teneur en eau du sol plus élevée dans le site 17-QU, donc plutôt attribuable aux conditions de drainage spécifiques à chaque site. À la lumière de ces résultats préliminaires, il semble donc que la rotation de grandes cultures pratiquées dans le site 18-QU est assez bien adaptée aux conditions de production qui prévalent pour les sols argileux dans la plaine de Montréal et en favorisent la conservation. L'effet conjugué des variations climatiques (surtout les précipitations), pédologiques (types de sols) et des cultures en place, lesquelles ne sont pas toujours semblables temporellement dans les deux sites étudiés, compliquent la comparaison statistique de ces deux sites repères et entraînent la nécessité d'un suivi à long terme et le recours à des traitements statistiques particuliers (v.g. analyse de covariance, dispositif multi-factoriel (site x année x type de sol), techniques géostatistiques, etc.) pour comparer l'évolution spatio-temporelle de la qualité des sols de ces deux sites repères.

Évaluation, modélisation et représentation de l'hétérogénéité spatiale d'un bassin-versant en fonction du risque d'érosion : le cas du Simeto, Sicile. Annie Clark^{1*}, Ferdinand Bonn¹, André Poulin¹, Sten Folving² et Maria-Louisa Paracchini². ¹CARTEL, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec, Canada, ²Institut des applications spatiales, Centre Commun de recherche, Ispra, Italie.

L'hétérogénéité spatiale des bassins versants est l'un des obstacles majeurs à la généralisation des modèles de pertes de sols sur des grandes étendues. Cette hétérogénéité spatiale affecte tous les paramètres des modèles de pertes de sols quand on tente de les appliquer à de plus grandes étendues. Le bassin du Simeto, d'une superficie de 4 300 km², possède une hétérogénéité spatiale très prononcée sur plusieurs plans :

- du point de vue géologique, il comporte des secteurs de roches volcaniques récentes en bordure de l'Etna, des secteurs calcaires, marnocalcaires et argileux dans les bassins sédimentaires et des secteurs d'accumulations alluviales récentes dans les plaines.
- du point de vue physiographique et géomorphologique, les paysages de glacis et de terrasses cultivées en céréales alternent avec des entailles d'érosion vives et des zones à solifluxion active, et contrastent avec les secteurs à forte pierrosité.
- du point de vue climatique, un contraste marqué entre le sud et le nord du bassin est accentué par l'effet du relief sur les précipitations, comme le montre l'analyse d'une trentaine d'années de données pluviométriques (totaux et intensités).

La modélisation de cette grande variabilité spatiale dans le cadre d'un SIG vise à mettre en évidence la mosaïque d'unités de paysage sur lesquelles il sera possible d'appliquer des modèles différents de pertes de sols selon des ensembles géomorphologiques et climatiques. La représentation 3D de cette diversité spatiale des formes, des processus et du climat, appuyée par les images satellitaires, permet de mieux comprendre la complexité de ce type de paysage et incite à la prudence vis-à-vis de la généralisation trop rapide de modèles de pertes de sols sur de grandes étendues.

Utilization of organic amendments as a source of nutrients for french bean grown on a degraded sandy soil. Antoine KARAM¹, Marie-Odile RAYMOND¹, Ahmed AAJJANE², and Léon Étienne PARENT¹, ¹Équipe de recherche en sols agricoles et miniers. Département des sols et de génie agroalimentaire. Université Laval, Québec, Canada G1K 7P4, ²Département de géologie. Faculté des sciences. B.P. 20. Université Chouaïb Doukkali. El Jadida. Maroc.

The fertility of degraded soils can not be improved by chemical fertilizers alone, but can be rendered more fertile by applying composts. A greenhouse experiment was carried out in order to evaluate the effect of the addition of two organic materials on the growth of french bean (*Phaseolus vulgaris* cv 'Strike') grown in a limed sandy soil from an abandoned areas in Saint-Frédéric-des-Neiges, Québec. A control, and three rates (5, 10, and 20%, on a fresh basis) of two organic amendments were evaluated. The organic amendments were a chicken wastes-peat moss compost (CPC) and a shrimp wastes-peat moss compost (SPC). Each treatment was replicated three times incorporated in a randomized complete block design. All statistics were performed using the SAS computer package. Application of composts to limed soil substantially enhanced the growth of bean over the control. In general, the highest yields (shoots and pods) were recorded for the CPC treatments. When considering all treatments, the addition of composts increased the pod production (wet basis) by 2 to 10% over the control. The data indicate that organic materials had a positive effect on french bean grown on a limed coarse soil.

Effet de l'apport de trois amendements organiques sur l'évolution de quelques propriétés chimiques d'un sol loam limoneux. Marie-Jude MERISIER¹, Adrien N'DAYEGAMIYE² et Antoine KARAM¹, ¹Équipe de recherche en sols agricoles et miniers. Département des sols et de génie agroalimentaire. Université Laval, Québec, Canada G1K 7P4, ²Centre de recherche et d'expérimentation en sols. MAPAQ, Québec, Canada G1P 3W8.

L'objectif de cet essai est d'évaluer l'effet de l'apport de trois amendements organiques sur l'évolution de quelques propriétés chimiques d'un sol soumis à deux types de rotations depuis 1986. Le sol est un loam limoneux de la série Le Bras. Les amendements organiques ont été apportés à tous les trois ans soit en 1986, 1989 et 1992. Les rotations de cultures sont: céréales-céréales-maïs (R1) et céréales-maïs-maïs (R2). Les cinq traitements sont: un témoin (sans amendement organique), la sciure de bois (20 et 40 t/ha), les pailles d'orge et de blé (20 t/ha) et le fumier de bovins (20 t/ha). Les échantillons de sol ont été prélevés au printemps 1996. Les résultats expérimentaux ont montré que les valeurs de pH des échantillons de sol ont été influencées par les apports d'amendements organiques. La capacité d'échange cationique des sols a été influencée par la rotation, étant plus élevée dans tous les traitements avec amendements situés dans la rotation R2. L'analyse de variance a montré un effet significatif de l'apport d'amendements et une interaction entre les amendements et la

rotation sur le rapport C/N des substances humiques extraits des échantillons de sol. De façon générale, l'effet des amendements organiques sur le contenu en carbone organique du sol suit l'ordre suivant: témoin < pailles < sciure de bois < fumier de bovins.

Modélisation de l'influence anthropique sur les processus d'érosion des sols en milieux agricoles. C. Gaillard¹, F. Zagolski² et F. Bonn¹, ¹CARTEL, Université de Sherbrooke, Québec, ²PRIVATEERS N.V., Private Experts in Remote Sensing, Sherbrooke, Québec.

Les études visant à caractériser les processus d'érosion des sols sont utiles à la compréhension des fonctionnements écosystémiques. De plus, celles-ci peuvent être orientées pour permettre la planification de mesures de gestion et de conservation des sols. Dans les milieux agricoles, parmi les facteurs responsables de l'érosion, l'influence anthropique est importante. Cet impact s'exprime en particulier par la modification de l'état des surfaces au sol. Par exemple, les labours peuvent avoir pour conséquence de changer partiellement les directions des flux d'écoulement (i.e. flux hydriques et sédimentaires). Parallèlement, l'occupation spatiale qui définit les formes et limites du paysage (e.g. taille et orientation des parcelles) influence aussi les processus d'érosion. Du fait de la finesse de leurs structures linéaires, ces aspects humains ne sont pas réellement considérés dans les modèles hydrologiques et d'érosion existants. En effet lorsque ces derniers sont pris en compte dans les modèles d'érosion, ils sont exprimés par des facteurs dépendants d'autres paramètres (e.g. les modifications de surface causées par les labours sont intégrés dans le coefficient de rugosité du sol) ou sont intégrés sous la forme d'un coefficient unique (e.g. pratiques culturales). Les modèles d'érosion actuellement disponibles sont soit empiriques, i.e. basés sur des considérations statistiques (e.g. Universal Soil Loss Equation, USLE), ou soit déterministes, i.e. basés sur des considérations physiques, tels que le modèle ANSWER (Areal Nonpoint Source Watershed Environment Response Simulation) ou le modèle LISEM (Limburg Simulation Erosion Model). Ces modèles d'érosion fournissent des outils quantitatifs particulièrement intéressants dans le contexte des études d'évaluation des risques d'érosion et de pollution à l'aide des données de télédétection. Les modèles empiriques calculent la perte de sol au niveau d'une parcelle ou le long d'une pente (versant). Les modèles déterministes incluent un modèle hydrologique utilisant les informations contenues dans un Modèle Numérique de Terrain (MNT) telles que la pente locale et son orientation. Ces derniers, appelés aussi « modèles distribués », simulent les processus dynamiques des écoulements. Ils sont par ailleurs adaptés aux techniques de gestion des données spatiales et peuvent être intégrés au sein d'un Système d'Information Géographique (SIG) facilitant ainsi l'utilisation des données de télédétection. Ce papier présente l'introduction de deux principales améliorations réalisées dans le modèle ANSWERS: (1) la prise en compte des discontinuités structurales du paysage et (2) la modélisation de l'influence de l'orientation des axes de labours ou des rangées de cultures. En présence des formes directionnelles (labours ou rangs de culture) à l'intérieur d'un élément matriciel du MNT, les directions des flux d'écoulement sont déterminées à partir de la pente et de son orientation dans la cellule mais aussi à l'aide de l'orientation de ces axes directionnels. Quant aux limites du paysage, ces derniers sont modélisés en tant qu'obstacles au ruissellement et ces aspects sont intégrés dans le modèle au moyen de relations décrivant la discontinuité de propagation des flux hydriques. Ces améliorations introduites dans le modèle ANSWERS devraient ainsi permettre une meilleure compréhension du fonctionnement des écosystèmes terrestres, des changements des paysages agricoles et contribuer à une meilleure gestion des bassins versants grâce à l'utilisation conjointe de données de télédétection.

L'effet de pratiques agroforestières sur la fertilité des sols et la dynamique du phosphore dans un andisol du Costa Rica. R. Tardieu¹, D.C.L. Kass² et A. Olivier¹. ¹Département de phytologie, Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation, Université Laval, Sainte-Foy (Québec), G1K 7P4, ²Centro Agronomico Tropical de Investigacion Y Ensenanza, Turrialba, Costa Rica.

En raison de leur contribution au maintien de la fertilité du sol, les pratiques agroforestières sont souvent présentées comme des alternatives valables aux systèmes agricoles des régions tropicales humides. Cependant, le rendement des cultures dans de telles pratiques est souvent limité par la faible disponibilité du phosphore dans les sols. Des essais ont donc été réalisés à Turrialba, au Costa Rica, afin de mieux comprendre l'effet de diverses pratiques agroforestières sur la fertilité des sols et la dynamique du phosphore dans les andisols. L'objectif de la recherche était de comparer l'effet de la culture en couloirs (*Erythrina sp.*), d'une couverture végétale (paillis de *Mucuna sp.* ou d'*Erythrina sp.*) et de l'application de fumure organique sur la fertilité du sol et la dynamique du phosphore au cours de deux cycles de culture du haricot. Pour chacun des traitements, le contenu en phosphore (P total, P organique et P inorganique) et sa disponibilité, de même que la capacité de fixation du phosphore par le sol ont été évalués. Le contenu en certains autres éléments nutritifs du sol (N, K, Ca, Mg) et le rendement du haricot ont aussi été mesurés. L'impact des traitements de culture en couloirs et de couverture végétale sur le cycle du phosphore dans le sol et sur le rendement du haricot est donc comparé et le potentiel de ces pratiques pour le maintien de la fertilité des sols en régions tropicales humides est analysé.