

# UNIVERSITÉ LAVAL

Faculté de Foresterie et de Géomatique  
Département des Sciences du Bois et de la Forêt

Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux

## «*Le sol, un système vivant avant tout*»

**(*Soil as a living system*)**

Arnoldia, été 1999, p. 35-43

par

**Leslie Jones Sauer**  
Architecte paysagiste

traduction de l'anglais et commentaires  
par le

**PROFESSEUR GILLES LEMIEUX**

avec la collaboration de

**Lionel Lachance** agronome

janvier 2000

Publication n° 109

<http://forestgeomat.ffg.ulaval.ca/brf/>

édité par le

**Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux**

UNIVERSITÉ LAVAL  
Département des Sciences du Bois et de la Forêt  
Québec G1K 7P4  
QUÉBEC Canada

# Le sol, un système vivant avant tout<sup>1</sup>

par

**Leslie Jones Sauer<sup>2</sup>**

Traduction et commentaires par le  
**Professeur Gilles Lemieux**

**Ce qui m'a le plus étonné, en tant qu'aménagiste de la forêt urbaine de *Central Park* de New York, lors d'une visite dans les Adirondacks, fut un sol si souple qu'on puisse y plonger sa main. Ce sol était visiblement vivant et tout à fait différent du sol inerte avec une consistance de béton de la forêt urbaine de *Central Park*.**

**1-** C'est depuis la surface que l'on détecte et la qualité d'un sol et ses problèmes. Où il y a piétinements répétés, la décomposition de la litière est totale. Jusqu'à tout récemment les feuilles tombées au sol à l'automne dans Central Park ne pouvaient ni s'accumuler ni persister d'une année à l'autre. Sans litière, il devient impossible d'assurer la régénération de la forêt.

**2-** Il aura fallu une décennie pour refaire la litière de la forêt de *Central Park* dans sa partie nord. Depuis lors, le site se stabilise avec un bon contrôle de l'érosion et les espaces laissés à nu ont été plantés à nouveau. Les jeunes arbres et ceux d'origine spontanée, après élimination des essences exotiques, ont largement contribué à maintenir le sol en place. Durant le gel de l'hiver 1993-94, les feuilles tombées à l'automne ont persisté sous la couche de glace jusqu'au printemps. Ce fut un tournant majeur dans la vie de la forêt. L'hiver suivant fut plus clément que la normale et au printemps 95 une litière presque continue est apparue.

**3-** Avec le temps, la nouvelle litière va s'humifier et un nouvel horizon vivant apparaîtra. Cette matière organique est constamment en évolution vers ce

---

<sup>1</sup>Article paru dans la revue «ARNOLDIA» été 1999 p. 35-43 de l'Université Harvard, Boston, USA et traduit de l'anglais par le professeur Gilles Lemieux

<sup>2</sup> Leslie Sauer est le principal architecte paysagiste de la société Andropogon, dont la maison-mère est à Philadelphie, USA et professeur adjoint à l'Université de Pennsylvanie. Cet article est une adaptation de l'ouvrage «*The Once and Future Forest: A Guide to Forest Restoration Strategies*» qui a été mis au point par la société Andropogon et Associés. C'est une approche intégrant l'environnement, la protection et la restauration par le design architectural. Le travail de cette société sur les «NORTHERN WOODS» de Central Park à New York n'est que l'un de leurs nombreux projets de restauration forestière.«*The Once and Future Forest...*» est publié par Island Press (1-800-828-1302 ou [www.islandpress.org](http://www.islandpress.org)).

que nous appelons humus et, au fil des mois et des ans, il se lie en partie aux substances minérales sous-jacentes pour ainsi constituer l'essentiel d'un sol<sup>3</sup> Le sol est la synthèse du climat, de la roche-mère, de la topographie, de la végétation; le tout intégré en fonction du temps. Les différents horizons d'un sol en disent plus long sur l'histoire récente que la roche-mère.

**4-** Les caractéristiques abiotiques d'un sol font généralement l'objet d'une évaluation conventionnelle. Nos connaissances du passé nous ont fait évaluer un sol comme «idéal» comme un équilibre entre le sable, le limon, l'argile, sa porosité, son taux d'humidité, son contenu en minéraux et en substances humiques ou non humifiées. Ces critères permettaient d'attribuer au sol la mention bonne ou pauvre. Si ces critères n'étaient pas atteints, des amendements étaient ajoutés pour en modifier la texture, l'acidité, la fertilité ou tout autre caractère. Beaucoup de travaux de correction, de stabilisation ou de restauration ont été la victime du syndrome de l'approche agro-horticole. À titre d'exemple, des spécifications standards exigent que le sol soit travaillé en surface puis fertilisé et chaulé, même si la majorité des sols perturbés sont moins acides que dans leurs conditions naturelles par l'apport continu de calcium, bétons et poussières urbaines. La plupart des règlements ayant trait au développement de sites comme les autoroutes, les sites d'enfouissement sanitaires et les mines abandonnées exigent un apport de terre de surface de 10 à 20cm avant l'installation d'une nouvelle végétation. Ce sol de surface provient d'un autre endroit, ce qui implique que la restauration d'un endroit nécessite la destruction d'un autre. Il nous faut plus de recherche pour trouver des alternatives à l'utilisation de sol de surface, en particulier pour ce qui a trait aux déchets industriels utilisés pour amender des sols et éviter des frais élevés en ce qui touche les fertilisants et les tourbes. Même lorsque le sol de surface a été mis en tas sur le site avant une construction, les organismes vivants qu'il contient meurent dans les jours qui suivent.

### Les chaînes trophiques du sol

**5-** Les chaînes trophiques forment une structure d'interrelations entre les différents organismes d'un écosystème basé sur leur alimentation et leurs besoins en nutriments. Les producteurs primaires utilisent l'eau, les minéraux, le bioxyde de carbone et quelques autres éléments propres à produire des substances organiques qui, à leur tour, seront utilisés par la presque totalité des organismes, et feront l'objet de prédation par d'autres et ainsi de suite. Certains de ces organismes ont des besoins très particuliers alors que d'autres sont omnivores.

**6-** Quant au sol et l'eau, ils sont des milieux où les plantes et les animaux croissent et vivent. Dans le sens véritable du mot, les deux génèrent des systèmes vivants. L'une des plus importantes contributions à l'aménagement des eaux a sans doute été celle de **Ruth Patrick** et ses collègues. Quand on perçoit l'eau

---

<sup>3</sup> Ici l'auteur ne fait pas de nuance bien qu'il soit sur la bonne voie. Plus loin, il réfère aux sols de conifères de la même manière qu'à ceux des feuillus et sans distinction. Chaque horizon a sa fonction et l'horizon de surface ne peut être dissocié de l'ensemble du processus pédogénétique.

comme un système vivant on peut en faire une évaluation qualitative, par la richesse de son habitat, plutôt que par des critères physiques ou chimiques, les dangers d'inondation ou la demande d'oxygène. La composition biologique devient une référence de base pour en évaluer la santé correspondant à un ensemble complexe de facteurs. Une révolution analogue survient dans notre perception des sols.

**7-** Voilà ce qu'écrivit **Ruth Patrick** en 1968 à propos des chaînes trophiques aquatiques:

*"Les différentes avenues empruntées par les chaînes trophiques et le nombre élevé d'interrelations entre espèces l'une par rapport à l'autre, sont deux champs de recherche des plus prometteurs. La plupart des chaînes trophiques sont composées d'au moins quatre niveaux. Ils sont peu nombreux à cause des pertes énergétiques entre chacun. La diversité est exprimée par les nombreuses espèces pour former des étapes ou des niveaux dans la ou les chaînes trophiques. C'est la stratégie adoptée par plusieurs espèces à chacun des niveaux et qui semble donner la stabilité au système. Plusieurs chaînes trophiques existent à l'intérieur d'un groupe systématique donné, tout comme entre plusieurs groupes. On doit également souligner que la taille et le taux de reproduction varient énormément dans chacun des principaux groupes systématiques. Ce type de variabilité, comme la taille des organismes et leur reproduction en retour, protège chacun des stages trophiques de toute la communauté".*

**8-** Il en va de même des écosystèmes telluriens. Tout comme les écosystèmes aquatiques, les écosystèmes telluriens ont une grande capacité à proliférer. Des écosystèmes, ayant des chaînes trophiques très simples, peuvent être fortement modifiés positivement ou négativement par la disparition d'une ou quelques espèces. Dans des systèmes plus complexes, il existe une multitude de moyens pour assurer le flux d'énergie à travers la chaîne trophique. Ainsi, plus les systèmes sont complexes et prolifiques, plus ils résistent aux changements causés par la disparition de quelques espèces de la chaîne trophique<sup>4</sup> Plusieurs composantes biologiques du sol peuvent être en dormance jusqu'à ce que des conditions favorables apparaissent. La structure complète du sol n'est pas nécessaire pour les fonctions de base que le sol doit assumer<sup>5</sup>.

---

<sup>4</sup>Nous avons ici un ensemble d'arguments qui permettent d'entrevoir ce que sont les écosystèmes forestiers archaïques, composés de peu d'espèces mais ayant une grande capacité de résistance. À l'inverse, les écosystèmes forestiers d'Angiospermes sont composés d'une multitude d'espèces au niveau de l'écosystème hypogé comme de l'écosystème épigé et sont capables de résister à de très grandes perturbations sur de très longues périodes.

<sup>5</sup>C'est là un comportement essentiel dicté par la diversité qui favorise la dynamique lors de déséquilibres biologiques et biochimiques passagers. Ceci permet à tous les stages de se réaliser en assurant une stabilité relative de l'ensemble du système sol-plante. C'est une réalité bien plus complexe chez les écosystèmes forestiers d'Angiospermes qui permet de créer et de maintenir le climax.

**9-** Plutôt que de mettre l'emphase sur les aspects abiotiques des sols, la restauration se doit de réhabiliter ses composantes vivantes comme les bactéries, des fungus et la microfaune. Tout le processus d'humification prend naissance dans le sol au niveau des systèmes racinaires et de la vie animale qui, à leur tour, sont tributaires de la perméabilité des horizons supérieurs, du type de stratification et du taux de matière dite «organique». Il faut se rappeler que 5 cm<sup>3</sup> de sol productif contiennent plus de 3000 arthropodes. Une litière de 1 cm d'épaisseur répartie sur 1 m<sup>2</sup> contient plus de 10 000 km de fin mycélium fongique.

**10-** Les plantes sont les premiers producteurs de tissus végétaux<sup>6</sup> propres à l'écosystème du sol forestier. Les fourmis, comme un grand nombre d'invertébrés initient la transformation en fragmentant ces débris végétaux formant la litière. Ce processus de transformation appelé pédogénèse est du à l'action dans le temps et dans l'espace de nombreux microorganismes parmi lesquels les fungus (Basidiomycètes), les bactéries, les protozoaires et les Actinomycètes sont les plus actifs et les plus importants dans la conversion de ces tissus végétaux retournés au sol par les plantes en les associant à la fraction minérale du sol. En retour, des nutriments organiques et minéraux sont libérés et accessibles aux plantes pour leur croissance<sup>7</sup>. Dans les termes propres aux chaînes trophiques, ces organismes sont connus sous le nom de «consommateurs». Les consommateurs primaires comme les herbivores se nourrissent directement à partir des «producteurs» que sont les plantes. Les «consommateurs» secondaires et tertiaires sont des prédateurs ou des parasites. Ils se nourrissent les uns des autres tout comme des herbivores. Les chaînes trophiques sont également constituées d'autres types de décomposeurs qui se nourrissent de la litière comme les acariens, les lombrics, etc... Les forêts génèrent et maintiennent une plus grande diversité d'espèces que les sols de prairies. Les microorganismes du sol faisant partie de la diversité biologique, les forêts climaciques des climats tempérés ont une plus grande biodiversité que les forêts pluvieuses tropicales.

**11-** La première fonction du sol est assurée, par les chaînes trophiques, dont la tâche est de cycliser l'énergie et les nutriments, dont l'azote, le soufre et le phosphore<sup>8</sup>. Les sols, à l'état naturel, sont très efficaces dans le recyclage des nutriments comme dans le cas de l'azote où 8% est retourné au système. Le cyclage de l'azote est intimement lié à celui du carbone qui est présent dans les

---

<sup>6</sup>C'est volontairement que nous excluons le terme de «organic matter» employé si souvent par l'auteur. C'est un terme qui ne recouvre aucune réalité et est à la base des aberrations actuelles dans le monde des connaissances du sol. Temporairement, nous proposons d'utiliser le terme de substances végétales, substances humiques ou simplement tissus végétaux, permettant de percevoir ce stage comme la base des stages successifs où seront introduites des notions plus complexes comme la connaissance des lignines et des polyphénols, dans un complexe enzymatique où les Basidiomycètes sont les maîtres absolus.

<sup>7</sup>Cet énoncé nous apparaît maintenant quelque peu simpliste, mais il a été le credo du siècle qui s'achève. Le rôle des lignines, tanins, tanins condensés et une énorme diversité de polyphénols entrent ici dans la caractérisation et la stabilisation des aspects nutritionnels des plantes. Cet aspect est complètement occulté dans le présent travail.

<sup>8</sup>Encore une fois l'auteur se restreint au credo chimique de ce siècle, qui nous semble maintenant plutôt accessoire; car ces éléments sont toujours présents en grande quantité, en particulier l'azote de l'air, mais le plus souvent ils sont inaccessibles pour des raisons d'ordre biochimique et enzymatique.

substances organiques résiduelles ou humifiées du sol. De ce fait, l'azote déterminera le taux de libération du carbone<sup>9</sup>. Bactéries et champignons s'approprient l'azote des substances végétales lors de leur décomposition et certains organismes fixent l'azote de l'air de manière non symbiotique. Cet azote supplémentaire est également introduit dans la solution du sol et il devient accessible aux plantes. Le processus connu sous le nom de «minéralisation de l'azote» est tout simplement la relaxation lente de l'azote organique sous forme d'azote minéral et accessible aux plantes.

**12-** L'ensemble microbien du sol exécute trois fonctions majeures: d'abord la conversion de l'azote organique sous des formes accessibles aux plantes comme l'azote ammoniacal, la nitrification qui consiste à transformer l'azote ammoniacal en nitrates et la dénitrification recyclant les formes d'azote en azote gazeux atmosphérique. Ce monde microbien contribue grandement à la stabilité du sol, une autre fonction vitale. Les hyphes fongiques relient les particules organiques ensemble, et assurent ainsi une stabilité physique à la litière et aux horizons supérieurs du sol<sup>10</sup>.

**13-** Toutes les chaînes trophiques ne sont pas les mêmes. Les chaînes trophiques forestières sont dominées par le monde fongique et particulièrement celui des Basidiomycètes, alors que les sols agricoles le sont par le monde des bactéries et des Actinomycètes. C'est ainsi qu'au fil du temps, les communautés biologiques changent au même rythme que celui des paysages<sup>11</sup>. Ainsi la nature de la végétation déterminera-t-elle les types et les volumes d'énergie et de nourriture accessibles aux organismes du sol. La litière des sols de prairie composée de plantes herbacées, se décompose relativement facilement; mais elle ne contribue que peu à la synthèse des substances organiques du sol. Toutefois, les systèmes racinaires des plantes dans les prairies constitue un apport important de résidus végétaux. Les systèmes racinaires des graminées

---

<sup>9</sup>Voici un autre exemple un peu simpliste de l'appréciation des mécanismes du sol. Encore une fois, les seules références chimiques primaires qui n'apportent aucune compréhension véritable des enjeux sont invoquées. L'azote, dont il est ici question, est utilisé et stocké sous forme protéique et le plus souvent dans les corps microbiens. Comme tel, l'azote ne peut exister qu'à l'intérieur de molécules complexes dont le squelette est carboné, d'où l'intimité de la relation carbone-azote. Ce squelette est le plus souvent sous la forme d'un cycle benzénique sur lequel sont fixés les composés azotés les plus stables. d'où l'importance des polyphénols de tous les dérivés des lignines. C'est dans ces composés que se trouvent également les sources énergétiques auxquelles nous faisons allusion dans le fonctionnement des chaînes trophiques. Encore une fois, les sucres et celluloses sont facilement dégradables, mais non les composés phénoliques; d'où la stabilité des sols et la régulation des mécanismes de relaxation et de resynthèse des nutriments organiques.

<sup>10</sup>Ceci n'est que l'aspect physique de la stabilité. La biodiversité est encore bien plus importante car elle assure la conservation et le maintien de la diversité biochimique et de l'énergie disponible au fonctionnement des chaînes trophiques. Nous commençons à évaluer l'importance des lignines dans le sol car elles assurent la vie des Basidiomycètes qui, grâce à leur aptitude à produire des systèmes enzymatiques, sont capables d'utiliser sélectivement les molécules organiques et permettent l'émergence de substances humiques et fulviques qui constituent la véritable base d'un sol stable, tout en étant dynamique.

<sup>11</sup>**Pour la première fois dans la littérature, nous observons cette différence entre les mondes biologiques forestiers et agricoles. Par extension, on arrive à déduire que la forêt à l'origine précède l'agriculture qui n'arrive que tout récemment dans l'histoire de l'univers.** Cette courte phrase devrait nous faire réfléchir sur nos actions et sur l'état des connaissances dans les domaines de l'agriculture et de la forêt. **N'avons-nous pas tendance à appliquer les règles de productivité connues en agriculture aux systèmes forestiers de cette planète?**

libèrent du carbone dans le sol sous la forme de sucres, d'acides aminés et de multiples autres substances qui nourrissent la flore fongique du sol et assurent la vie des bactéries et autres formes microbiennes<sup>12</sup>.

**14-** Plus l'écosystème prend de l'âge, plus la litière devient difficile à transformer et à évoluer. La litière des plantes herbacées est principalement constituée de cellulose, tandis que celle des écosystèmes forestiers l'est de lignines, les principales constituantes du bois.<sup>13</sup> Les feuilles des arbres contiennent plus de lignine que les plantes herbacées<sup>14</sup> et les feuilles des essences climaciques comme le hêtre (*Fagus grandifolia*), et les chênes (*Quercus ssp.*), ont un plus haut contenu en lignine que ceux des frênes (*Fraxinus spp.*), ou des tulipiers (*Liriodendron tulipifera*), faisant partie des essences de transition vers le climax après perturbation. Les forêts présentent une différence importante par rapport aux prairies, dont les tissus végétaux produits par les racines sont la première source constituant la litière. En forêt, ce sont les feuilles et les brindilles

---

<sup>12</sup>Nous sommes d'avis que l'auteur situe bien les sols de prairie par rapport aux sols forestiers ou qui en sont dérivés. Nous n'avons pas encore abordé le thème des lignines, mais dès à présent, il nous faut souligner que les graminées possèdent un type de lignine qui lui est propre et dépourvu de groupements méthoxyls et c'est la lignine hydroxybenzoyle. De ce fait, il y a peu de production de molécules capables d'une grande stabilité et résistantes aux dégradations rapides et à la libération du carbone. Il faut noter que les prairies apparaissent dans des contextes continentaux particuliers où de faibles précipitations annuelles sont observées; nous pensons ici aux grandes Prairies américaines, aux steppes asiatiques, etc...

<sup>13</sup>Cette phrase résume très bien ce que nous pensions être au cours des années 70. Les connaissances actuelles relatives aux écosystèmes permettent de comprendre la structure et les rôles respectifs de la physique, de la chimie, de la biochimie et surtout de la biologie. Tout comme le terme «matière organique», ceux de cellulose et de lignine cachent un monde extrêmement complexe. Ce sont les lignines et tous les composés polyphénoliques qui apporteront, à travers leurs dynamismes respectifs, toutes les réponses à nos interrogations séculaires sur le sol. Pour mieux comprendre, il faut se référer aux écosystèmes des Gymnospermes et les opposer à ceux des Angiospermes. Les plantes constituant les premiers sont très riches en lignine gαiacyl, c'est-à-dire celle ne possédant qu'un seul groupement méthoxyl (OCH<sub>3</sub>) qui, sous l'attaque des enzymes comme la lignoperoxydase, donne des composés secondaires et des polyphénols contribuant à retenir sur place les nutriments pour qu'ils soient utilisables par les plantes. C'est un processus sélectif basé sur l'économie de ressources restreintes. Ce processus a pour conséquence d'éliminer les espèces concurrentes incapables de résister à un milieu si restrictif. et ainsi maintenir des populations oligospécifiques de quelques essences. À l'inverse, les Angiospermes ligneuses sont dotées en plus d'un autre type de lignine, la lignine syringyl possédant deux groupements méthoxyl symétriques qui a comme conséquence, sous l'action des mêmes enzymes de donner un milieu réceptif avec une abondante biodiversité. Cela permet de faire du sol un milieu tampon, riche en nutriments et en énergie et qui, sous l'action de la biologie synergétique, de stocker ou de relâcher des grandes quantités d'énergie et de nutriments à travers des chaînes trophiques aussi nombreuses que complexes. Le tout assure ainsi la stabilité du milieu édaphique et permet la croissance d'écosystèmes climaciques qui se renouvellent à perpétuité avec des variations minimales du milieu. Ainsi, les écosystèmes herbacés sont fragiles en fonction du temps à cause de la faiblesse de leur stabilité sans apport de lignines, mais uniquement en comptant sur les polyphénols dont l'action est actuellement connue sous le vocable d'allélopathie. Pour leur part, les écosystèmes forestiers de Gymnospermes ont des vies plutôt restreintes en terme de décennies puisque les nutriments sont immobilisés dans les tissus vivants comme dans ceux résiduels de la litière. Ces écosystèmes sont tributaires de catastrophes comme le feu pour un cyclage complet des nutriments et l'élimination des polyphénols allélopathiques qui inhibent tout renouvellement par voie biologique. Quant aux écosystèmes forestiers d'Angiospermes, c'est par la biodiversité que le climax s'établit avec comme source de stabilité un sol riche et complexe, mettant à profit la biologie et la minéralogie dans lesquelles s'inscrit l'énergie nécessaire aux chaînes trophiques. Ces dernières supportent à leur tour une grande diversité de plantes et en assurent la pérennité avec des stades intermédiaires de rajeunissement de la société des plantes en favorisant l'épanouissement des individus plutôt que de l'ensemble homogène d'une population oligospécifique à durée limitée dans le temps.

<sup>14</sup>C'est une idée qui a un certain fondement mais qui ne tient pas compte de plusieurs autres facteurs comme le type de lignine et surtout les composés polyphénoliques contenus. À titre d'exemple, les essences dites climaciques et à longue vie comme les chênes, les hêtres, les érables, ont des contenus en lignine syringyl bien plus élevés que les essences intermédiaires qui apparaissent dans les écosystèmes forestiers perturbés, comme les trembles, les bouleaux, etc...

qui sont la principale source de tissus végétaux comme source de carbone, d'où l'importance de la qualité des lignines et de l'activité biologique et enzymatique dans la dynamique de l'écosystème. Il y a également de grandes quantités de grumes ou tiges au sol qui, associées aux rameaux et aux brindilles sont la source principale qui permet la vie des fungus; les bactéries étant incapables de dégrader la lignine<sup>15</sup>. Les mycéliums des champignons mycorrhiziens peuvent atteindre les bois tombés et les racines des arbres et en extraire les nutriments valables. Les insectes peuvent également contribuer au recyclage des vieux bois, mais surtout d'une manière physique en la fragmentant et en favorisant une attaque enzymatique et bactérienne à partir des fèces. Les tiges en contact avec le sol ou encore debout sont des niches privilégiées pour un très grand nombre d'invertébrés de la forêt.

**15-** L'écosystème hypogé changera en fonction du temps tout comme l'épigé avec un ralentissement marqué du cyclage des nutriments<sup>16</sup>. Dans un peuplement climacique d'Angiospermes feuillus, l'humus de qualité persiste beaucoup plus longtemps, car les composés organiques mettent plus de temps à se dégrader<sup>17</sup>. C'est par ses aspects dynamiques que l'humus est important au point de vue chimique et physique bien plus que comme une réserve de nutriments. À titre d'exemple, l'humus augmente la capacité du sol à retenir l'eau<sup>18</sup>.

**16-** Les tiges et les troncs morts tombés au sol jouent un autre rôle important dans la régulation de l'eau en période de sécheresse en agissant comme réservoir. Les grosses tiges de plus de 30 cm de diamètre agissent comme des éponges et retiennent l'eau durant de longues périodes. Ces souches et ces billes jouent aussi un autre rôle important en permettant aux jeunes semis de survivre en périodes de disette d'eau. Il en va de même pour les populations de salamandres qui dépendent de ces niches humides. C'est probablement la raison pour laquelle les salamandres disparaissent après une exploitation forestière à blanc alors qu'il y a de 1 à 2 individus au m<sup>2</sup> dans les forêts climaciques en

---

<sup>15</sup>Cette affirmation n'est pas exacte puisque les bactéries sont capables de dégrader lentement la lignine par une enzyme spéciale qui est la laccase, **mais elles sont incapables de dépolymériser la lignine en fractions fulviques et humiques, donc incapables de participer aux fondements du processus pédogénétique.**

<sup>16</sup> C'est ce que nous observons dans les écosystèmes de Gymnospermes ou dans les peuplements artificiels de feuillus que sont les plantations mono ou oligospécifiques. Il en va autrement pour les écosystèmes d'Angiospermes feuillus, composés d'essences climaciques dominantes inéquiennes où les individus ont des âges et des tailles différents, assurant ainsi la diversité des âges et le remplacement alternatif des individus rémanents. Ainsi, les changements dans le sol se feront par rapport aux individus qui disparaissent, non pas au niveau de toute la population de l'écosystème.

<sup>17</sup>Cela peut sembler exact du point de vue de l'architecte paysagiste, mais la réalité est différente; il faut faire appel à d'autres mécanismes dynamiques et réversibles, ce qui n'est pas évident au niveau de l'aménagement d'une forêt urbaine.

<sup>18</sup>Voilà une autre croyance bien ancrée qui veut que les propriétés physiques de l'humus augmentent la capacité de rétention de l'eau du sol. C'est probablement à partir d'une telle conclusion que l'utilisation des tourbes oligotrophes en agriculture et en horticulture a connu une telle expansion. Il faut plutôt rechercher au niveau des corps microbiens, en particulier des hyphes de champignons, cette capacité de retenir des eaux non soumises aux lois de la chimie et de la physique du sol et, de ce fait, disponibles directement à la vie des plantes. L'application de BRF sur des sols tropicaux a réduit les besoins en eau de plus de 50% avec des augmentations de rendements de l'ordre de 300% à 900%. Nous savons également par la littérature, que les polyphénols jouent un rôle majeur dans la régulation de l'**eau biologiquement active** pour la croissance des plantes.



équilibre. Ces tiges au sol augmentent la rétention des eaux de pluie en période de chutes abondantes tout en prévenant les inondations en absorbant l'eau sur place.

**17-** Les champignons en général prospèrent dans des sols acides, alors qu'à l'inverse, les bactéries peuvent augmenter l'alcalinité. Les bactéries et leurs prédateurs dans les sols de prairie, contribuent à maintenir un pH qui fera que l'azote et le taux de cyclage des nutriments seront disponibles aux graminées. Dans les écosystèmes forestiers où le sol est dominé par les Basidiomycètes et où le pH du sol est voisin de la neutralité, l'azote est converti en ammonium et fortement retenu par le sol. Dans les sols dominés par la vie bactérienne, l'azote est converti en nitrates plutôt qu'en ammonium. Ainsi, les nitrates sont plus facilement lessivés que l'ammonium, mais les modes de croissance des herbacées s'accommodent très bien de ce phénomène. Cependant, quand un sol forestier devient majoritairement colonisé par des bactéries, un lessivage des nitrates laisse un milieu appauvri pour la croissance des arbres climaciques tandis qu'un flot important de nutriments devient disponible pour les essences de remplacement à croissance rapide. Plusieurs essences sont plus sensibles que d'autres au point de vue nutritionnel; les Gymnospermes ne peuvent se développer sur des sols dominés par les bactéries et inversement l'agriculture ne peut se développer sur des sols dominés par les champignons<sup>19</sup>. En effet une forte biomasse bactérienne dans un sol forestier est un indice certain de dégradation (**McDonnell, M.J., Pickett, S.T.A. & Pouyat, R.V. (1993)** «Application on the ecological gradient to the study of urban effects» in Human as Components of Ecosystems. The Ecology of Subtle Effects and Populated Areas» ed. G.E. Likens and W.J. Cronon [New York Springer Verlag pp. 175-189]). Ces facteurs dépendant des organismes du sol jouent un rôle bien plus important dans les successions végétales qu'on le croyait antérieurement. (**Ingham, E.R. (1995)** «Restoration of soil community structure and function in agriculture, grassland and forest ecosystems in the Pacific Northwest» Proceedings, Society for Ecological Restoration Conference [Seattle],31).

### Les écosystèmes édaphiques altérés

**18-** Les sols sont beaucoup plus fragiles que nous ne l'imaginons, mais ce problème est le plus souvent méconnu. Le cumul de toutes les pressions polluantes de l'environnement sur les écosystèmes forestiers, comme les pluies acides, les dépôts azotés, l'effet de serre, la réduction de la ceinture d'ozone, etc, laisse des sols profondément altérés et, de ce fait, modifie entièrement la

---

<sup>19</sup>Voilà une affirmation bien téméraire et plutôt simpliste, L'apport de BRF augmente l'importance des champignons en agriculture et donne des résultats exceptionnels. Nous en concluons que les sols dominés par les bactéries sont artificiels et que l'absence de composés phénoliques et de dérivés de la lignine sont les principales causes de la dégradation des sols agricoles à cause de l'absence des basidiomycètes comme base des chaînes trophiques. Il semble bien que les sols dominés par les bactéries, y compris les sols naturels des prairies, soient très fragiles et ne peuvent supporter de fortes populations *in situ* à l'infini. C'est la transhumance qui a contribué à maintenir des grandes populations de mammifères dans les grandes prairies nord-américaines, mais avec une population humaine assez restreinte. Il en va de même aujourd'hui au Canada.

constitution et le comportement des chaînes trophiques. Les conséquences et les corrections de telles perturbations sont toujours du domaine de l'inconnu.

**19-** Plusieurs de ces changements ont une telle ampleur que nous les prenons pour acquis. Le cas des lombrics est caractéristique car ils sont présents dans toutes les forêts urbaines mais ils sont d'origine étrangère. Ils ne font pas historiquement partie de la communauté biologique naturelle<sup>20</sup> des écosystèmes forestiers mais leur présence est typique dans les forêts perturbées ou dégradées. Les lombrics en général augmentent la fertilité du sol en permettant la transformation de la matière organique<sup>21</sup> et en créant tout un réseau de canaux qui facilite les échanges gazeux à travers la structure du sol tout en stimulant les bactéries à convertir les ions ammonium en nitrates. Une forte population de lombrics contribue à la nitrification en apportant l'oxygène nécessaire pour la conversion de l'ammonium en nitrates. C'est ainsi que nous avons un système édaphique perturbé par les apports d'azote, les lombrics peuvent surpasser le seuil normal en consommant la litière cinqu fois plus vite que le feraient les champignons et convertir les excès de matière organique en ammonium<sup>22</sup>. Un processus analogue de solidification du système peut être observé dans les systèmes aquatiques dominés par les algues (**Nixon, W. [1995]** «As the worm turns» *American Forests* **101** (9) 34-36.). Chaque changement dans le sol aura en retour des effets en cascade. Malheureusement dans des peuplements qui semblent avoir atteint la maturité à cause de la taille des arbres, on trouve des lacunes dans les successions biologiques des sols encore dominés par les lombrics et les bactéries mais appauvris quant aux types de champignons, d'invertébrés etc. et autres, qui sont plus efficaces à cycliser les nutriments.

### Construire un écosystème édaphique

**20-** Le principal but de la restauration est de rétablir le cyclage des nutriments et le flux d'énergie caractéristiques du sol d'origine. En premier il faut protéger ce qui existe encore comme sol, tout en recherchant les techniques pour augmenter la biomasse et favoriser le développement de la flore naturelle et de la faune.<sup>23</sup>

---

<sup>20</sup> C'est une demi-vérité. Nous connaissons des espèces lombriciennes propres à l'Amérique mais qui, suite à la dernière glaciation, ne sont pas parvenues encore dans les systèmes forestiers au nord du 45° lat. N. Les lombrics que nous trouvons tant dans les sols forestiers de la grande forêt feuillue climacique (chênaie, érablière, hêtraie) que dans tous les sols agricoles fertiles au point de vue biologique sont toutes des espèces d'origine européenne et sont associées aux sols perturbés.

<sup>21</sup> En réalité, c'est en retirant l'azote des tissus végétaux à partir des protéines qui sont fortement liées aux polyphénols. Cette opération a lieu dans le tube digestif des lombrics par des bactéries sous la forme de colonies sphériques et qui nécessitent la présence d'une fine couche d'argile pour ne pas être à leur tour digérées. Encore une fois, ce sont les polyphénols qui ont un effet inhibiteur sur la transformation incontrôlée des substances végétales et, de ce fait, ils jouent un rôle biologique important auprès des bactéries puis leurs enzymes (de structure protéique) dans le système d'humification et de libération des nutriments à la demande de la végétation.

<sup>22</sup> Nous sommes d'avis que l'auteur a commis une erreur involontaire en disant que les champignons convertissent les substances organiques en nitrates alors que c'est plutôt en ammonium qu'ils le font.

<sup>23</sup> Nos connaissances actuelles nous laissent à penser qu'un tel raisonnement par rapport à ce que nous savons de la complexité de la pédogénèse est plus qu'optimiste dans ses conclusions.

## Recommandations

### Identifier, protéger et surveiller des étendues de sols originaux peu ou pas perturbés.

**21-** Dans la plupart des sites, on peut identifier des endroits moins perturbés et qui présentent les conditions locales d'origine. L'étude de sols typiquement naturels et de méthodes de correction des paysages endommagés va permettre d'établir des standards pour mesurer les succès des différentes approches. Ces sites naturels serviront également de milieu pour la propagation de souches de microorganismes adaptées aux conditions locales<sup>24</sup>.

### Réduire les sources locales de contamination du sol y compris les apports azotés.

**22-** Il est impératif d'évaluer les impacts de pollution en particulier les gaz d'échappement des voitures. L'élimination de routes quand c'est possible est d'une importance capitale particulièrement dans les aires naturelles. L'aménagement d'accès faciles est incompatible avec la croissance et la présence de la plupart des espèces. Il faut également rappeler au public l'impact de la pollution atmosphérique. Plusieurs autres pratiques comme l'utilisation de biocides affectent profondément tout le système tellurien. Le glyphosate, l'herbicide le plus utilisé pour contrôler la végétation adventice augmente la présence et l'activité bactérienne mais donne peu de résultats pour le développement de la flore fongique forestière.

### Ne pas oublier que l'utilisateur est inséparable de la solution

**23-** Aucun traitement du sol ne pourra éliminer la compaction, l'érosion et autres perturbations. Il faut se limiter dans la forêt et autres paysages naturels à des sentiers tracés afin de réduire la dégradation par la marche, les sabots des animaux et le passage de roues. L'interdiction de circuler ne suffit pas. Les usagers de la forêt se confineront aux sentiers dans la mesure où ces derniers leur apportent satisfaction dans ce qu'ils viennent chercher en forêt. La formation d'une litière naturelle et l'absence de sol nu hors sentiers sont des indices évidents de succès.

### Réduire le travail du sol au minimum

**24-** En dépit de nos connaissances sur les dommages causés à la vie du sol, on continue à trop le travailler. En plus des dommages causés à sa structure par le travail d'un sol lourd et gorgé d'eau, ou par l'érosion qui accompagne les perturbations, les microorganismes en place sont fortement affectés. À titre d'exemple, le labour ou toute autre perturbation mécanique auront comme

---

<sup>24</sup>Ici aussi les conclusions sont pour le moins hâtives bien que n'étant pas dénuées d'une certaine rationalité. Nous savons maintenant que le sol est constamment en évolution biologique, chimique, biochimique, physique et physico-chimique et que la transplantation de microorganismes d'un sol en équilibre vers un sol perturbé n'apporte pas nécessairement les résultats espérés. Encore une fois, c'est sur la biochimie des polyphénols et la réaction des chaînes trophiques que toute la dynamique repose. Ce sont les BRF qui sont à la base du renouvellement de tous ces paramètres et nous avons observé qu'une période de 3 à 6 années est nécessaire.

conséquence de favoriser le développement rapide de la flore bactérienne qui à son tour produira des polysaccharides qui, sous la pluie, vont causer l'affaissement de la structure du sol. D'autres substances durcissent le sol et le rende hydrophobe. La culture du sol est presque toujours une activité dommageable dans les sites naturels car elle perturbe sans cesse et favorise la dégradation plutôt que de contribuer à sa complexité, et sa stabilité de même qu'au développement de l'écosystème..

**25-** Il faut donc utiliser de nouvelles techniques comme la plantation de jeunes semis sur les troncs tombés au sol ou les souches pour éviter la perturbation des sols et augmenter les chances de reprise. Une autre technique consiste à ficher des rameaux verticalement dans le sol. Ces rameaux serviront à aérer le sol sans endommager les racines de la végétation existante tout en évitant de le bouleverser. De plus une telle technique favorise nettement le développement des champignons au lieu des bactéries car ils **incorporent du bois dans le sol.**<sup>25</sup>.

Revoir le bien-fondé de l'empilement des sols de surface.

**26-** Dans leur travail, **Harris, A., Birch, P, & Short, K.C. (1993)** «*The impact of storage of soils during opencast mining on the microbial community: a strategist theory interpretation*» *Restoration Ecology* 1:88-100, décrivent l'impact progressif de l'amoncellement des sols de surface durant la période de construction. Durant la première phase, nous assistons à la mort instantanée d'un très grand nombre d'organismes du sol dans la période de décapage et de stockage. Dans les mois qui suivent, une explosion de la masse bactérienne et fongique survient mais uniquement à la surface du tas qui devient la nouvelle terre de surface. Dans les 6 mois qui suivent, le sol se stratifie en couches différentes. La première couche reflète la disponibilité de l'oxygène et du niveau de saturation en eau. De là deux couches se distinguent, la première en aérobiose et la seconde en anaérobiose avec des zones de transition de l'une à l'autre. Dès que les sols ainsi stockés sont déplacés pour être utilisés à nouveau il y a disparition instantanée de la presque totalité des êtres vivants suivi d'une explosion de la vie bactérienne.

Il faut expérimenter des stratégies alternatives pour mieux préserver les chaînes trophiques naturelles lors des déplacements nécessaires de sol.

**27-** On peut expérimenter selon des méthodes qui permettent de conserver intacts les divers horizons du sol, comme celle qui sert à déplacer des blocs de terre. En pratique, de vieux équipements, comme des fourches ou des pelles montées sur des tracteurs, peuvent être transformées et servir à soulever de couches de sol. Un tel équipement a été mis au point par John Monro (Monro

---

<sup>25</sup>Bien que peu pratique en sylviculture et dans la réhabilitation des sols agricoles, il n'en reste pas moins que cette technique adaptée au conditionnement des forêts urbaines ne manque pas d'élégance et s'approche de la technologie des BRF de par ses bases scientifiques.

Ecological Services, Harleysville, PA and is available through Bently Development Co., P.O. Box 338, Old Route 22 Blairsville, PA 15717, 412/287-0671).

*Repenser la nécessité d'ajouter des substances organiques pour enrichir les sols perturbés*

**28-** L'arrivée constante sur les sols de nutriments sous la forme de pluies acides et de dépôts azotés cause de sérieux problèmes pour les méthodes traditionnelles qui utilisent des apports de substances organiques comme des suppléments de fertilisants chimiques. Tous les spécialistes s'accordent à dire que les fertilisants ne profitent qu'aux mauvaises herbes. Un aménagement moins «hospitalier» peut être bénéfique aux espèces naturelles. L'utilisation de soufre sur des parcelles par Jean-Marie Hartman et ses collègues de l'Université Rutgers (**Hartman, J.M., Thorne, J.F. & Bristow, C.E. [1992]** «Variation in old field succession» Proceedings [Design + Values] of annual meeting, Council for Educators in Landscape Architecture [Charlottesville VA] p. 55-62), causa une chute du pH en favorisant les espèces naturelles d'une prairie plutôt que les adventices<sup>26</sup>. Un grand nombre d'adventices sont nitrophiles et ne peuvent concurrencer des valeurs de pH trop basses.

*Repenser l'utilisation de paillis et d'amendements prélevés ailleurs que sur le site naturel.*

**29-** Comme les organismes du sol qui forment des chaînes trophiques sont conformes à la nourriture consommée, leur apporter des substances organiques différentes ne provoquera pas nécessairement la croissance des mêmes microorganismes. Dans les cas des sols artificiels ou hautement contaminés, ce n'est pas l'apport de substances organiques qui est en cause mais plutôt leurs qualités qui auront un impact sur les successions végétales qui apparaîtront sur le site. Plus le paysage est naturel, plus il faut réduire l'apport de matériaux organiques halogènes.

*Repenser les critères d'aménagement portant sur les arbustes, les bois morts et les feuilles.*

**30-** Même quand on n'ajoute pas de fertilisants, il faut modifier notre perception de la valeur des bois morts et des débris végétaux pour se rapprocher le plus possible de conditions naturelles. Cela semble évident mais il arrive de prélever des matières végétales dans un endroit, et de les composter ailleurs pour ensuite les transporter dans un autre milieu lorsque le tout est bien décomposé. Dans des conditions forestières naturelles, la principale contribution des tissus végétaux au sol n'est pas le compost bien décomposé, mais plutôt l'apport de rameaux et de feuilles qui se transforment lentement sur place. L'apport au sol de

---

<sup>26</sup>Qu'il nous soit permis de douter du bien-fondé d'une telle méthode qui n'agit que sur les aspects physico-chimiques. Le raisonnement qui suit ne porte que sur les nutriments disponibles alors que c'est tout l'univers du sol qui est bouleversé et aucune évaluation n'est apportée. C'est un truc comme un autre, d'origine chimique, alors que nous sommes à évaluer la vie dans toutes ses dimensions.

bois ou autres matériaux organiques non compostés réduit l'écart qui existe avec le milieu naturel de la forêt.

### Développer de nouveaux moyens pour évaluer et surveiller la «santé» du sol

**31-** Les standards analytiques actuels sont peu utiles. À titre d'exemple, les teneurs en d'azote sont mal évalués car ils ne donnent que les concentrations, en un temps donné plutôt que le flux continu en fonction du temps. Les analyses conventionnelles ignorent systématiquement tout ce qui touche à la biologie alors qu'un bon nombre de chercheurs travaillent à mettre au point d'autres méthodes analytiques. **Jim Harris** de l'Université East-London en Angleterre qui a travaillé sur les changements survenant pendant la réhabilitation du sol a mis au point des techniques pour la mesure de la taille, la composition et l'activité de la communauté microbologique, tellurienne. Ces données peuvent être utilisées pour comparer un sol perturbé avec un autre qui l'est moins, permettant d'évaluer la vitesse et la qualité du sol en voie de réhabilitation. Ce chercheur et ses collègues ont mis au point des méthodes qui rétablissent et augmentent les populations fongiques avec un impact important sur le sol et le cyclage des nutriments.

### Construire les populations fongiques telluriennes

**32-** Comme nous l'avons vu plus tôt, les apports de la pollution atmosphérique ont comme effet de favoriser les populations bactériennes au détriment des populations fongiques. Tout aménagement intelligent devra, par l'intermédiaire de techniques appropriées portant sur les sols de surface et les litières, favoriser le rétablissement de la flore fongique naturelle, la base des chaînes trophiques de tous les sols forestiers.

## **Un aménagement favorisant la flore fongique et les autres organismes forestiers.**

**33-** Comme seuls les champignons sont capables de dépolymériser la lignine<sup>27</sup> ces derniers sont d'une importance capitale pour le cyclage des résidus ligneux au niveau du sol dans le processus de réhabilitation des sols. Du bois et des petits rameaux broyés épandus sur le sol constituent un milieu exceptionnel pour le développement rapide des champignons qui, à l'inverse des bactéries, stabilisent la surface du sol<sup>28</sup>. Alors qu'une épaisse couche de paillis de bois broyé peut arrêter momentanément la végétation mais, à terme donnera beaucoup de nutriments. Une couche mince de copeaux permettra une vie du sol plus complexe en

---

<sup>27</sup>Nous croyons utile de rappeler que les champignons particulièrement les Basidiomycètes, jouent le rôle fondamental dans la pédogénèse en ce qu'ils sont les seuls à pouvoir dépolymériser la lignine gαfacyl et syringyl et donner des substances humiques et fulviques en ne brisant que peu les noyaux benzéniques porteurs d'énergie et de nutriments tant biochimiques que chimiques.

<sup>28</sup>Encore une fois, l'auteur ne fait aucune différence entre des copeaux de bois caulinaires et des rameaux broyés, pas plus qu'il n'en fait entre Gymnospermes et Angiospermes. De plus il n'attache de l'importance qu'à la stabilisation physique du sol par les hyphes de champignons.

modérant le cyclage des nutriments. Comme la lignine se décompose lentement, les copeaux formeront une couverture du sol durable et une litière stable<sup>29</sup>.

**34-** À l'occasion, il pourrait être pertinent de procéder à une inoculation du sol avec des champignons mycorhiziens<sup>30</sup>, bien que ces agents inoculants peuvent être amenés par le vent et la faune. Lorsque le sol est riche en nutriments, il peut être utile de «nourrir » la flore fongique plutôt que d'inoculer. De petites quantités de sols provenant d'un milieu analogue ou de copeaux contenant les basidiomycètes peuvent être utilisées là où les processus naturels n'ont pas été enclenchés comme sur des sols minces ou des lithosols car les conditions minimales de croissance n'existent pas.

**35- Jim Harris** recommande l'application d'une mince couche de copeaux de bois frais propres à créer les conditions idéales pour le développement des champignons<sup>31</sup>. En quelques semaines, le réseau mycélien devient si dense que les copeaux sont attachés les uns aux autres et peuvent être transportés pour inoculer des sites environnants. Cette méthode de dispersion des champignons locaux devrait devenir une technique importante dans les programmes d'aménagement du sol et elle semble de loin préférable à l'utilisation de grandes quantités d'inoculum d'origine commerciale<sup>32</sup>

**36-** Il est également possible de mieux aménager les chablis que d'éliminer seulement les arbres tombés au sol comme c'est la coutume. En conservant les souches à demi renversées, on donnera un aspect plus naturel et les champignons et invertébrés pourront mieux se développer. Les racines des souches renversées forment un lit de semences presque parfait pour la régénération et le maintien de racines vivantes qui vont permettre le passage des nutriments aux arbres du voisinage<sup>33</sup>.

---

<sup>29</sup>Bien que les évidences soient là, l'auteur ne fait aucune référence aux polyphénols, pas plus qu'aux mécanismes biologiques et biochimiques propres à la pédogénèse; considérant uniquement le rôle physique et stabilisateur à la fois des copeaux et des hyphes de champignons.

<sup>30</sup>Il y a ici une sérieuse confusion entre les basidiomycètes capables de dépolymériser la lignine et ceux qui agissent comme mycorhizes, bien que certaines espèces en milieux forestiers jouent les deux rôles. Les deux rôles sont indépendants l'un de l'autre mais non moins nécessaires.

<sup>31</sup>Jamais l'auteur n'est passé si près du cœur de la technologie des BRF, mais il s'est contenté de observations superficielles. Il ne fait aucune allusion au rôle des BRF qu'il confond avec les copeaux de bois caulinaires et ceux des rameaux. Il ne traite en rien des mécanismes fondamentaux comme la dépolymérisation des lignines, ne fait aucune différence entre Gymnospermes et Angiospermes, pas plus qu'il ne justifie la raison pour laquelle les copeaux frais sont préférables à ceux compostés.....

<sup>32</sup>Qu'il nous soit permis, un fois de plus, de souligner que l'arrivée des Basidiomycètes dans un sol est à la base des chaînes trophiques ou de la faune fongivore qui sera le deuxième maillon de la chaîne. D'où l'importance de voir à ce que les Basidiomycètes soient les premiers colonisateurs, sinon ce seront les bactéries et les actinomycètes qui libéreront les nutriments dans la solution du sol sans égard à la stabilité du milieu ni aux besoins élémentaires de la flore naturelle, partie intégrante de la stabilité du milieu.

<sup>33</sup>Ce sont là des affirmations dont nous ne connaissons pas d'équivalent dans la littérature scientifique ou dans des travaux de recherche permettant de confirmer ce phénomène.

**37-** Des mycorhizes produites commercialement ont été utilisées avec succès pour la reconstitution de nouvelles forêts comme sur les terrils miniers et ce un peu partout dans le monde. Dans le Kentucky, des sites dont les sols étaient très acides avec des pH de l'ordre de 2,8, ont été inoculés et on a récolté des bois à pâte 15 ans plus tard<sup>34</sup> (**Cordell, C.E., Marx, D.H. & Caldwell, C. (1991)** «Operational application of specific ectomycorrhizal fungi in mineland reclamation», présentation non publiée et présentée à l'American Society for Surface Mining and Reclamation [Durango, Co, May 10-17 1991]). L'utilisation de tels produits commerciaux devrait faire l'objet d'une évaluation en fonction des effets possibles sur les fungus mycorrhiziens locaux. Tout comme l'utilisation de plantes propagées commercialement, il y a des risques de provoquer la disparition des essences et variétés locales. Il nous faut donc mettre au point des procédures et des techniques pour favoriser la propagation des fungus et des autres organismes du sol comme on le fait pour les plantes et les animaux supérieurs.

**38-** Le feu joue un rôle stimulant pour plusieurs fungus et invertébrés du bois et en réduisant les populations bactériennes, ce qui favorise la croissance des fungus. Lors d'une étude sur les changements dans les populations d'insectes après feux dans la forêt coniférienne boréale en Finlande, des chercheurs ont noté l'apparition soudaine de divers groupes fongivores., qui provoquent une réaction immédiate encore plus rapide des fungus. (**Muono, J. & Rutanen, I. [1994]** «The short term impact of fire on the beetle fauna in boreal coniferous forest» *Annales Zoologici Fennici*, **31**: 109-121). Ces insectes forestiers fongivores sont issus des feux et représentent une importante adaptation dans le cadre d'un écosystème où les feux sont récurrents. Ces insectes représentent un bénéfice marginal dans la régénération naturelle des forêts soumises régulièrement à l'incendie, [le seul moyen de régénérer les écosystème épigé et hypogé de ces forêts archaïques que sont celles de conifères dans le monde].<sup>35</sup>

**39-** Les conditions originales et biologiques des sols naturels doivent demeurer des modèles lors de la restauration des habitats d'origine<sup>36</sup>. Les parcelles de sol naturels devient ainsi de réserves biologiques de la richesse

---

<sup>34</sup>Nous sommes d'avis que l'auteur change complètement de champ d'action en comparant des plantations mono ou oligospécifiques, probablement constituées de conifères ou d'essences pauvres en lignines, comme certaines espèces de la famille des Bétulacées ou des Salicacées. Nous pensons que ce sont là des aspects intéressants industriellement mais qui n'ont rien de commun avec la restauration et la reconstitution de forêts climaciques, stables et diversifiées à haute productivité. De telle comparaisons ont contribué et contribuent encore à la confusion des buts et des idées.

<sup>35</sup>Encore une fois, l'auteur montre son absence de discernement dans les différents processus de pédogénèse et ne peut distinguer la forêt boréale de Gymnospermes de celles des zones tempérées et tropicales d'Angiospermes, faisant appel à des phénomènes fondamentalement différents basés sur l'«harmonie» et la complémentarité plutôt que la catastrophe et l'exclusion.

<sup>36</sup>Ce n'est pas dans la copie servile des phénomènes observés que réside le chemin à suivre, mais plutôt dans la compréhension de la dynamique, des divers stades et des diverses options lors de toute perturbation pour assurer le retour de telles ou telles fonctions essentielles ou accessoires. En informatique, le réseau INTERNET est un exemple permettant d'arriver à une fin donnée en présence de perturbations majeures. C'est la diversité qui, depuis fort longtemps, a permis à cette fonction salvatrice, mais dont le temps est un ingrédient essentiel, ce qui nous gêne beaucoup, d'où la tentation de copier la surface des choses et de crier victoire par des ersatz artificiels et rapides.



biologique initiale. Il faut privilégier la restauration plutôt que le remplacement du sol. Le sol produit sur place est de loin préférable à celui importé d'autres endroits. Plutôt que de réintroduire des phases et composantes manquantes tous les efforts doivent porter sur la restauration des aires existantes par les associations biologiques propres à l'écosystème hypogé dans toutes les mesures possibles. Ce faisant nous réduisons la perte de sous-espèces locales par dispersion de microorganismes. Lorsque les conditions sont trop détériorées, il devient nécessaire d'apporter des matériaux édaphiques de l'extérieur, mais dans ces cas extrêmes, il faut que le développement des mécanismes pédogénétiques locaux puisse se faire le plus possible.

oooooooooooooooooooooooooooooooooooo

Publication n° 109  
Janvier 2000  
*Groupe de Coordination sur les Bois Raméaux*  
**UNIVERSITÉ LAVAL**  
Département des Sciences du Bois et de la Forêt  
Québec G1K 7P4  
QUÉBEC  
CANADA  
courriel  
gilles.lemieux@sbf.ulaval.ca  
<http://forestgeomat.ffg.ulaval.ca/brf/>  
FAX 418-656-5262  
tel. 418-656-2131 local 2837