Les forêts génèrent leur sol

Les écosystèmes naturels (forêts, prairies, etc.) fonctionnent de façon différente de ceux générés par l'action de l'homme. L'agriculture et toutes ses branches spécifiques (jardinerie, culture en containers, culture fruitière, horticulture, etc...) sont des systèmes artificiels, mis en place pour une finalité concrète. Il y a environ 9.000 ans, l'agriculture avait pour finalité l'alimentation des humains et des animaux domestiques.

La réalisation de cet objectif a impliqué le développement de villes associées à une hausse de population et d'échanges technologiques, à tel point que l'agriculture a élargi ses objectifs. A l'origine, exclusivement liée à l'obtention d'aliments, elle a ensuite évolué sur la culture des plantes avec l'esthétique comme finalité. La jardinerie est ensuite apparue (les jardins suspendus de Babylone construits durant le VIème siècle avant JC. sont célèbres).

Quelles sont les différences entre un système comme la forêt naturelle et les jardins de Babylone (ou par exemple, tout système agricole, oléiculture, viti- culture, etc...) ?

Fondamentalement, il y en a deux principales.

(1) Dans une forêt, il n'y a pas de sorties de nutriments.

Les nutriments se recyclent (... en fait, ce n'est pas tout à fait vrai...) et sont toujours identiques : les aiguilles des pins tombent au sol et tout un système de micro-organismes et animaux les décompose. Les molécules minérales sont à nouveau absorbées par les racines qui fabriqueront de nouvelles feuilles, etc...

C'est un cycle plus ou moins clos où il n'y a ni entrée ni sortie des nutriments (il existe aussi des minéralisations de roches et autres, mais pour simplifier le sujet, ignorons-les pour l'instant).

Dans un système agricole (jardinerie, bonsaï, culture fruitière, etc.), il existe des extractions de nutriments engendrées par la taille, le ramassage de fruits, les récoltes, etc... Tous les nutriments extraits doivent être compensés et si tel n'était pas le cas, le système ne fonctionnerait pas : chaque fois, il y aurait moins de récolte, moins de croissance après la taille, ...

(2) La seconde différence entre la forêt et le système agricole est relative à la temporalité, en relation avec la vitesse à laquelle les nutriments se mettent à disposition de la plante sous la forme simple de fertilisant.

Dans une forêt, beaucoup de formes moléculaires intermédiaires interviennent à travers les processus de décomposition qui peuvent durer plusieurs années avant d'accéder à la forme plus simple du fertilisant.

Par conséquent, à partir de ces feuilles tombées au sol, un lent processus de transformation des molécules aboutira finalement à l'éveil de nouvelles autres feuilles... Et le cycle reprendra encore et encore.

Dans l'entre-temps, des acides humiques, fulviques et d'autres molécules complexes qui enrichissent et complètent la vie des micro-organismes du sol auront émergés.

Nous savons que ces molécules et la vie microbienne du sol sont fondamentales pour que les arbres soient en bonne santé : d'une certaine façon, elles les protègent de nombreux pathogènes, entre autres qualités que nous décrirons plus tard.

Les arbres ne vivent pas seuls. Et, en communauté, ils créent leur propre sol.
Dans la nature, il est très rare de trouver des arbres isolés.

En entrant dans un bois, le sol est couvert de restes de feuilles et de branches sèches.
En quittant les sentiers, nous nous enfonçons en marchant sur un épais tapis.

Il est facile de constater que le sol des bois est vivant et qu'il se transforme sans cesse.
Alors que les arbres n'arrêtent pas de grandir et que personne ne les fertilise.

Les champignons décomposent la matière organique en formant l'humus.

Dans la nature, les substrats se renouvellent sans cesse, grâce au travail des bactéries, des vers de terre et des petits animaux.
Mais la partie la plus importante du travail est faite par les mycorhizes cachées sous la terre.
Les arbres vivent toujours en symbiose avec de nombreuses espèces de champignons qui améliorent énormément la capacité d'absorption des racines.
Le sol d'un bois est un système vivant et très actif.

En soulevant la couche supérieure, on découvre de suite un sol végétal dans lequel prospèrent de nombreux micro-organismes, des champignons et des animaux qui décomposent la lignine et la cellulose en les transformant en humus.

Mais toute la matière organique ne provient pas uniquement des feuilles.
Sous la terre, les racines fines sont constamment renouvelées. En hiver, ou quand l'arbre ne grandit pas, beaucoup de racines fines sèchent et se transforment elles-aussi en humus.
Dans certains bois, l'apport de matière organique - induit par le renouvellement des racines - est plus important que celle des feuilles.

Le sol agricole

Les exploitations agricoles profitent du sol formé par d'anciennes forêts,
Les plaines et vallées les plus fertiles ont succédé aisément aux bois les plus touffus.

Le sol agricole n'est pas constitué d'une espèce de poussière inerte où l'on jette de l'engrais.
Les sols sont des écosystèmes vivants et actifs.

Le sol agricole manque de la couverture végétale que l'on trouve dans les bois : S'il n'est pas travaillé il devient compact. Ces terres sont labourées depuis des millénaires : ainsi elles se rengorgent, maintiennent l'humidité et favorisent la vie des micro-organismes qui contribuent à leur fertilité.

Étudions, par exemple, le sol d'un champ d'oliviers. Nous constaterons à quel point les calculs sont simples au niveau de l'ingénierie agronomique : les extractions annuelles de nitrogène (taille, récoltes d'olives, ...) sont parfaitement connues et quantifiées.
Afin d'obtenir la même récolte l'année suivante, il faudra compenser tout ce nitrogène sous forme de fertilisant absorbé en partie par la plante de façon directe : donc, il est impossible d'attendre les processus de décomposition et autres qui nécessitent plus d'une année pour s'activer.
C'est pourquoi la fertilisation avec des engrais minéraux est aussi importante. Elle devra être également complétée avec des fertilisants provenant de matière organique en décomposition, un type de fertilisation complétant l'autre.

La fertilisation chimique est en relation avec la rapidité de réponse de la plante, due au fait que l'absorption est plus directe que dans le cas de la fertilisation organique nécessitant un processus de décomposition pour permettre la formation de molécules capables d'être absorbées par les racines des arbres.

Les processus de décomposition créent une vie microbienne indispensable pour obtenir un état sanitaire optimal pour n'importe quelle culture - même les cultures en pot - et par extension, pour les bonsaï.

Fumier de brebis qui fermente depuis quelques années avant d'être utilisé comme engrais. En cours de fermentation, on ajoute normalement du sulfate de fer. Une petite partie du fer se combine avec les acides humiques : ainsi, il sera facilement absorbé par les racines des arbres.

Aux débuts de l'agriculture, la matière organique était l'unique fertilisant disponible. Sans connaître encore les mécanismes et tout ce qui est en relation avec la vie microbienne, les besoins en matière organique étaient déjà connus pour maintenir la production agricole. Au XXème siècle, le développement de la chimie industrielle permet la synthèse de molécules inorganiques qui sont la base des fertilisants.
L'application dans l'agriculture conduit à une croissance exponentielle des productions, de sorte qu'au milieu du XXème siècle, il semble impossible de produire une telle quantité d'aliments, autrement.
A partir de ce moment, on a eu tendance à rejeter tout ce qui est en relation avec la fertilisation organique en faveur de la fertilisation chimique.
Actuellement, nous avons une vision différente : la fertilisation organique a des effets bénéfiques sur la santé des plantes. De tels effets sont plus difficiles à valoriser que les croissances mathématiques exponentielles de l'application de nutriments minéraux.
En réalité, personne de nos jours ne rejette les vertus de la fertilisation organique.

Tous les engrais organiques n'ont pas la même richesse en éléments nutritifs principaux (azote, phosphore et potassium).
Dans le tableau suivant, nous vous en présentons certains en unités d'engrais agricoles (N, P2O5, K2O).
Nous pouvons le simplifier pour avoir une idée approximative des relations qui existeraient entre N, P et K.

Contenu d'éléments nutritifs dans un kg d'éléments par chaque tonne de produit (Kg./Tm).

	N	P205	K2O
fumier bovin	7	6	8
fumier de brebis	14	5	2
fumier de porc	5	3	5
fumier de volaille	15	16	9
fumier de cheval	17	18	18
farine d'os	25	250	0
sang sec	130	0	0
résidus de poisson	80	50	0
résidus de laine	70	0	0
guano du Pérou	130	125	25

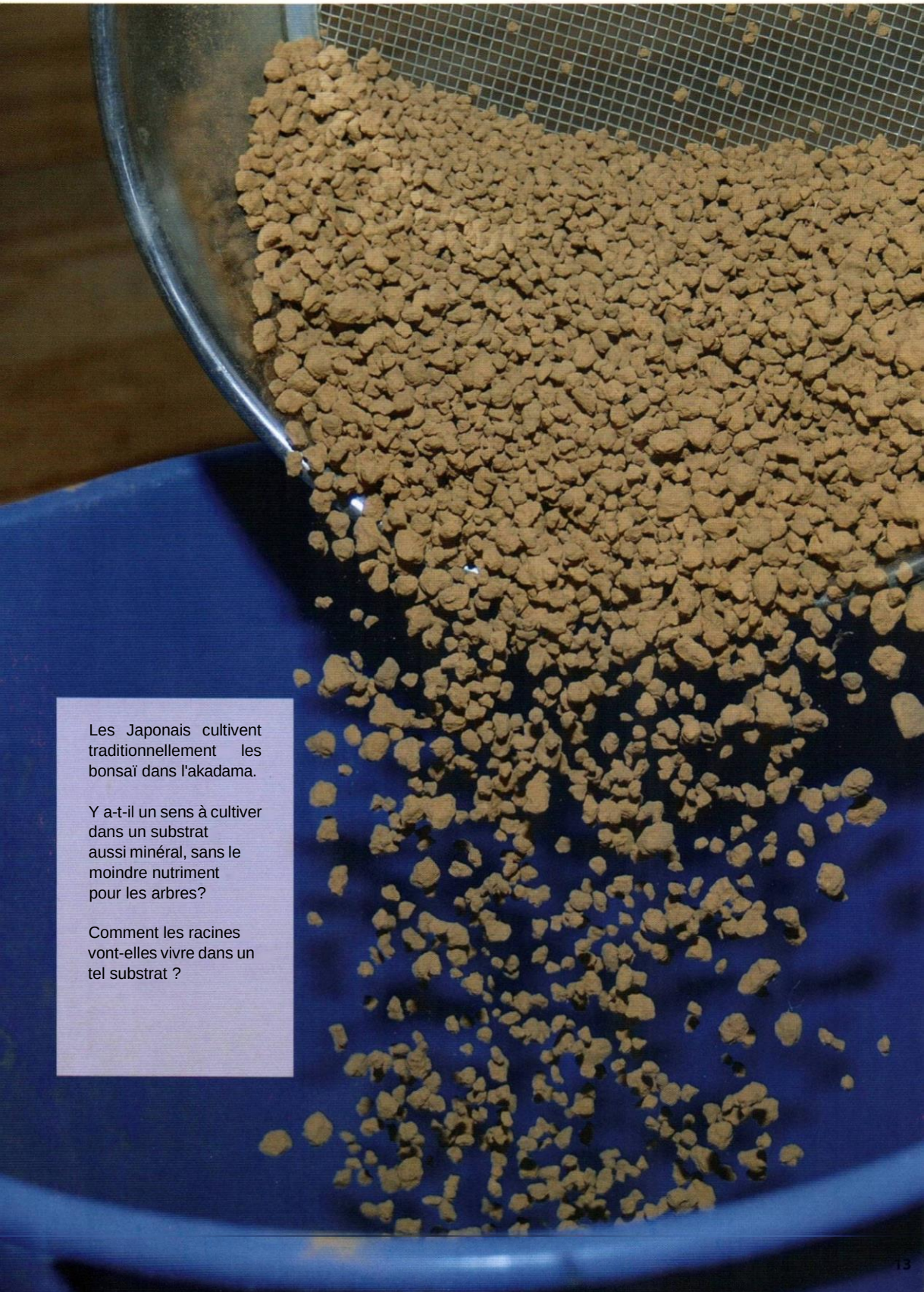
Quel substrat utiliser pour cultiver des bonsaï ?

Les terres utilisées pour les cultures en pot : ce sont des terres végétales très légères.

Au vu des observations au cours des pages précédentes, il semblerait naturel de choisir de la terre végétale ou, à défaut, de la tourbe ou du terreau préparé pour la culture en pot.

Mais alors, pourquoi les Japonais cultivent-ils dans des substrats granuleux dont ils tamisent soigneusement la poussière?
Ça ne ressemble pas à une terre de culture agricole : bizarre, non ?

Pour trouver la réponse, il faut encore approfondir notre connaissance du sol des forêts.



Les Japonais cultivent traditionnellement les bonsaï dans l'akadama.

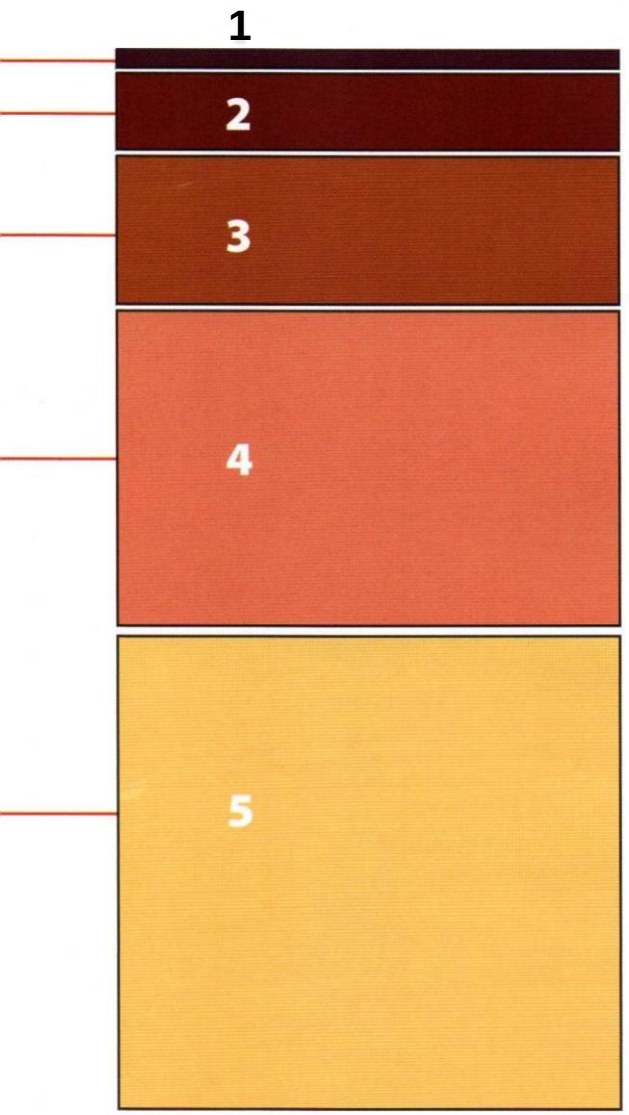
Y a-t-il un sens à cultiver dans un substrat aussi minéral, sans le moindre nutriment pour les arbres?

Comment les racines vont-elles vivre dans un tel substrat ?

Composition réelle du sol des forêts (1)

Jadis, le sol des bois n'était pas chose aisée.
Aujourd'hui, il est facile d'étudier la structure du sol en profondeur avec l'outillage lourd mis à notre disposition.

Sur cette photo, nous distinguons la structure du sol forestier considéré comme "fertile".
Ce sol a été cultivé mais les cultures ont été abandonnées au fil du temps et les arbres ont reconquis le terrain.



La première constatation surprenante que l'on peut faire, c'est que la couche supérieure de terre organique est très fine, même en terre fertile.
Au vu de la coupe réalisée pour le passage d'une nouvelle route, nous constatons que cette part - constituée de terre "organique" et de matériel végétal issu de la décomposition des feuilles - est réduite en épaisseur (1).

La couche du dessous, un peu moins sombre (2), reçoit constamment les acides humiques provenant de la couche organique (1).
Cette couche est déjà beaucoup plus minérale que la superficielle.

En descendant encore un peu plus, une troisième couche plus pâle (3).
Sa couleur induit que la matière organique y est déjà moins abondante.

La quatrième couche révèle une terre de couleur rougeâtre, en raison d'une grande quantité d'argiles (4).
Le terme japonais du substrat utilisé en culture de bonsaï :"akadama-tsuchi" (terre rouge), suggère déjà quelque chose.
Cette couche est beaucoup plus brute et on y trouve un mélange de pierres.

Enfin, nous trouvons la "roche-mère" (5) formée par les arbres au cours de milliers d'années.
Il est facile de se rendre compte que la plupart de racines ne vivent pas uniquement dans les maigres couches de terre végétale de surface.
Elles descendent profondément dans le sol minéral à la recherche d'eau.

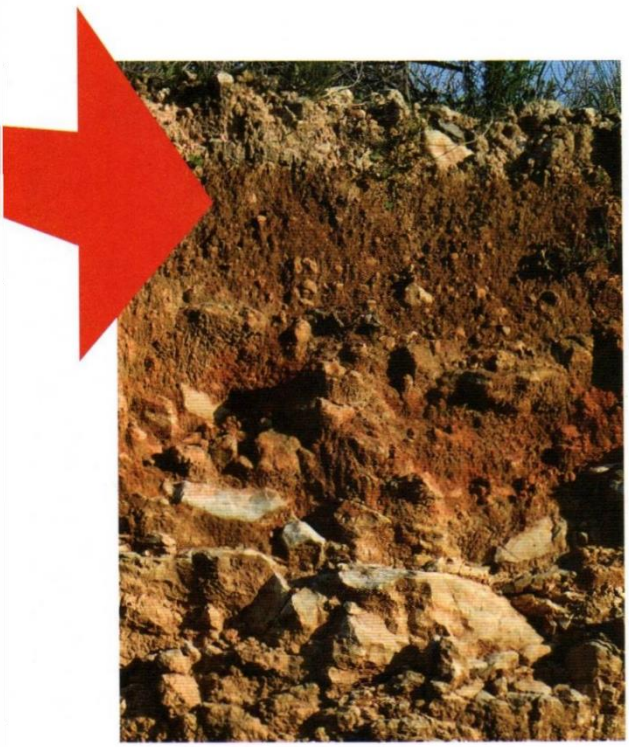
Composition réelle du sol des forêts (2)

Il est très fréquent que les forêts se développent en zone rocheuse.

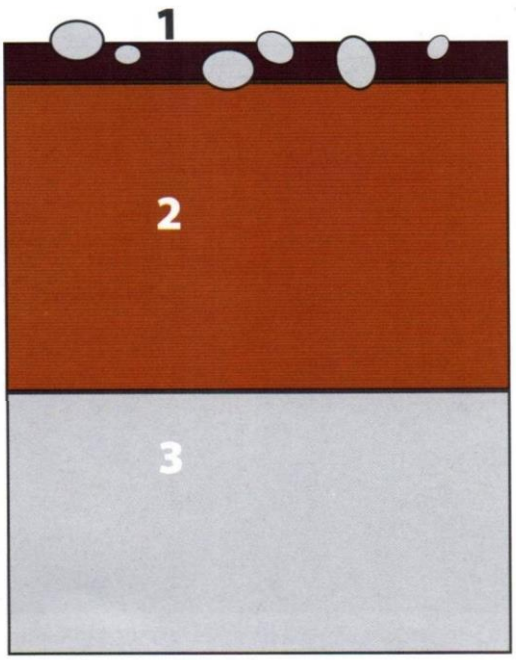
Mais la plupart des forêts ne bénéficient pas du type de sol fertile que nous venons de détailler.
Bien souvent, elles se développent dans les collines rocheuses où la couche de terre fertile est beaucoup plus maigre. Ces sols sont inaptes à l'usage agricole. Mais même dans ces zones plutôt inac- cessibles, les forêts ont été soumises à une énorme exploitation de longs siècles durant.
La plupart de gens pense que les espèces qui y vivent actuellement sont celles d'origine. Alors que la couverture forestière méditerranéenne était constituée de chênes verts (Quercus ilex) qui ont été abattus et utilisés comme combustible.
Les pins (Pinus halepensis) ont ensuite occupé l'espace, eux-aussi ont été exploités pour leur bois.
L'intervention humaine, hormis le remplacement des espèces forestières, a occasionné une importante érosion à la taille des vieux arbres.

C'est pourquoi il est fréquent, que la couche supérieure du sol se soit transfor- mée en terrain pierreux.
Cependant, le développement des arbres reste tenace dans ces zones.
Il semble impossible que les arbres puissent résister aux sécheresses de l'été, dans un sol tel que celui-ci.
Dans la partie supérieure, mélangée à des cailloux : la couche de feuilles et de branches mortes en décomposition (1).
La couche de sol fertile (2) se dépose directement sur la roche, dans ce cas. La roche de cette zone (3) est calcaire, elle est donc facilement attaquée par l'eau de pluie et les acides produits par décomposition de la matière organique du sol.

Mais où sont les racines ?
Comment ces arbres peuvent-ils se maintenir ? Bien que plutôt petits, certains dépassent facilement les 10 mètres de haut !



Détail de la couche supérieure du sol.



En observant la structure du sol de ces bois, la couche fertile est très très mince et la couche de sol organique (humique) l'est plus encore.
Cependant, la forêt affiche une force surprenante.
Comment est-ce possible ?

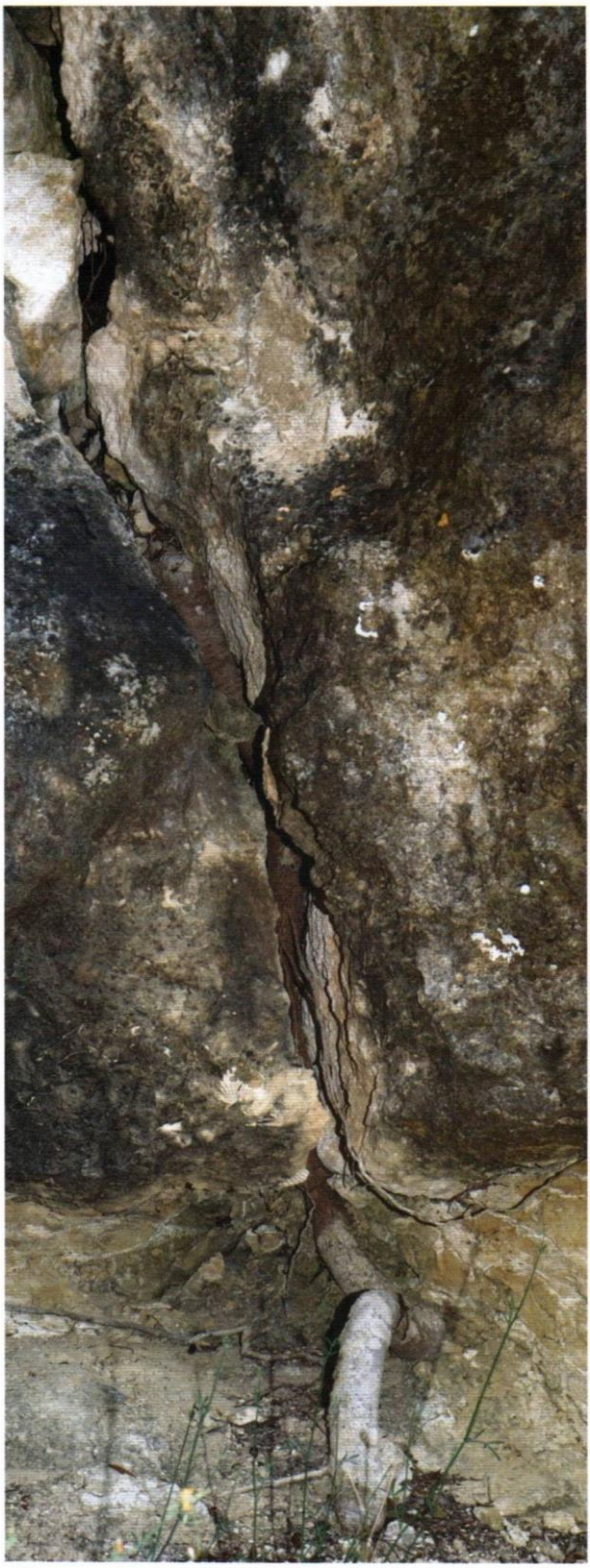
En y regardant de plus près, les racines exploitent toutes les fissures pour faire éclater la roche.

Les racines s'immiscent dans les fissures de la roche et finissent par la faire éclater. Elles la détruisent, de manière lente mais inexorable.

Comportement très étrange que celui de ces racines, si nous considérions encore qu'elles aiment vivre dans la tourbe de la surface.

Les racines des arbres sont capables de "fabriquer" le sol des forêts.
Dans les creux souterrains des roches calcaires, l'eau de pluie s'accumule.
Si les racines des arbres se limitaient à grandir dans les couches organiques superficielles, ces forêts mourraient de soif en période estivale.

Dans les couches de feuilles décomposées de surface, les nutriments s'élaborent et descendent tout de suite dans le sol.
Mais la plupart de racines ne vivent pas dans ces parties en fermentation constante.



Des racines fendillent les roches.

On aperçoit la présence de fossiles.
Ces roches, aujourd'hui si compactes à première vue, étaient le sol d'une mer antique.
La vie se maintient en s'adaptant aux changements constants de la nature.

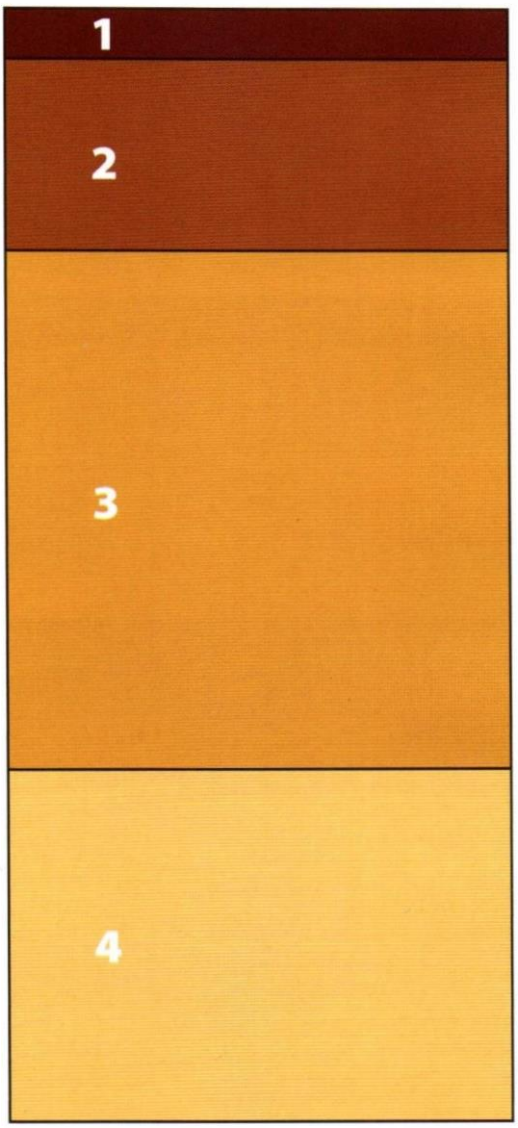
Composition réelle du sol des forêts (3)

Jusqu'à présent nous avons abordé les forêts méditerranéennes. Allons voir ce qui arrive dans la profondeur des zones forestières pluvieuses, au Japon :

La structure de ce type de sol a été détaillée dans l'article : "Comment produit-on l'akadama ?", publié dans France bonsaï 113 dont voici un extrait :

Coupe du sol pour extraire l'akadama : après l'extraction, de nombreuses racines des arbres sont extraites manuellement : *"En ôtant les racines à la main. Il faut marcher avec précaution car les grains de terre risquent de se rompre. C'est un travail très délicat".*

" La couche avec laquelle se fabrique la meilleure akadama est celle qui va des pieds jusqu'à la ceinture de notre collaboratrice qui mesure 152 cm. Jusqu'à ce qu'elle soit creusée, nous ne savons jamais la hauteur de la couche de terre qui sera utilisable pour obtenir une akadama de bonne qualité.
La couche de terre foncée proche de la surface porte le nom de kurotsuchi (terre noire).



La seconde couche, de couleur marron rougeâtre, porte le nom d'akatsuchi (terre rouge).
En dessous, nous voyons une couche de couleur jaunâtre appelée awatsuchi (terre jaune).
La terre noire contient une grande quantité de matière organique d'origine animale et végétale.
C'est une couche facile à travailler, c'est pourquoi elle est très appréciée par les agriculteurs. Sous cette couche, nous trouvons la terre rouge avec laquelle se fait l'akadama. Dans les zones où la couche rouge est plus profonde, son épaisseur se rapproche du mètre.
Sous cette couche de terre rougeâtre, nous trouvons une couche de terre jaunâtre claire : si la terre de la couche jaune se mélange avec celle de la rouge, la terre résultante est toujours remplie de poussière ".

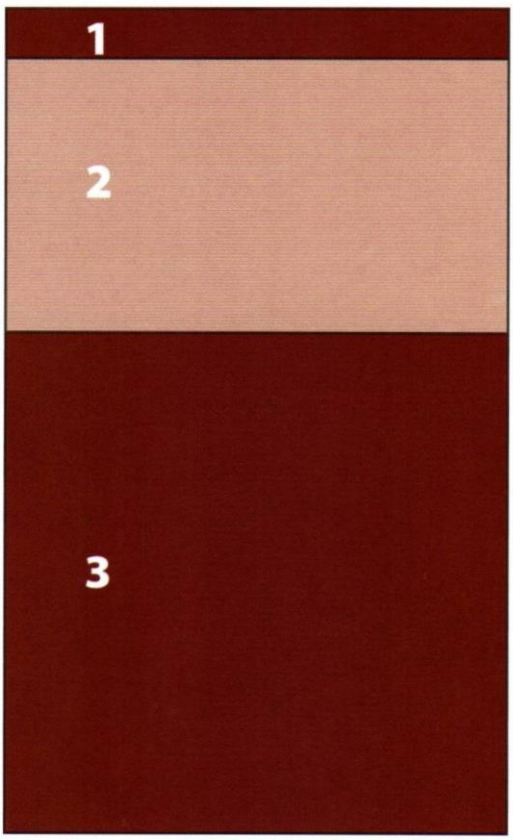
Une grande partie des racines des arbustes vivent dans les couches fertiles supérieures, mais les racines des arbres plongent plus bas.
Même dans la couche inférieure (4), apparaissent les racines que la machine a coupées. Elles accèdent à une grande profondeur mais celles des arbustes et des plantes herbacées vivant à l'intérieur des forêts, profitent des premières couches du sol fertile produites par les arbres.
Ainsi, chaque strate végétale occupe son espace, sans beaucoup gêner l'autre.
Le résultat de ce travail d'équipe, c'est la formation du sol.
La couche avec laquelle l'Akadama se forme (3) est justement celle située sous les plus fertiles des couches.
Il n'est pas étrange que les racines des bonsaï cultivés dans cette terre, trouvent des conditions très similaires à celles qui vivent dans la nature, c'est pourquoi elles vivent bien.

Composition réelle du sol des forêts (4)

Étudions le sol d'une forêt dont on extrait la lutite du Triasique.
Dans ce , il y a une mince couche végétale dans la partie supérieure du sol (1).
Dessous, nous trouvons une couche de roches sédimentaires (2).
Les racines des arbres cassent la roche en s'immisçant dans les fissures et arrivent à la couche (3) granulée de couleur violette, dont on tire la lutite.

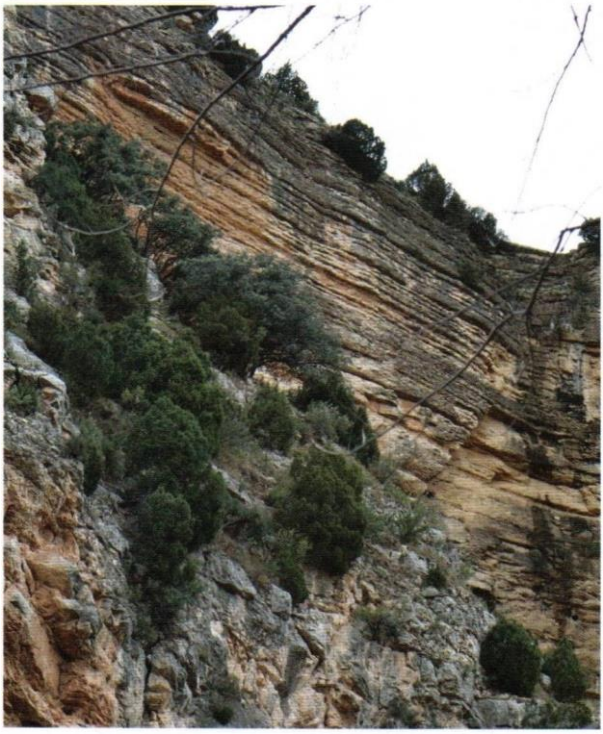
C'est dans cette couche que se trouve une bonne partie des racines des arbres.
Comme pour le cas de l'akadama, les racines des bonsaï vivent en substrat identique à celui de leurs congénères de la nature.
Dans tous les cas observés, les racines ne vivent pas en majorité dans les couches organiques supérieures du sol.
Dans presque tous les cas, ces couches n'occupent qu'une partie infime du sol.

Par conséquent il ne serait pas logique de cultiver les arbres en pot dans des sols végétaux.



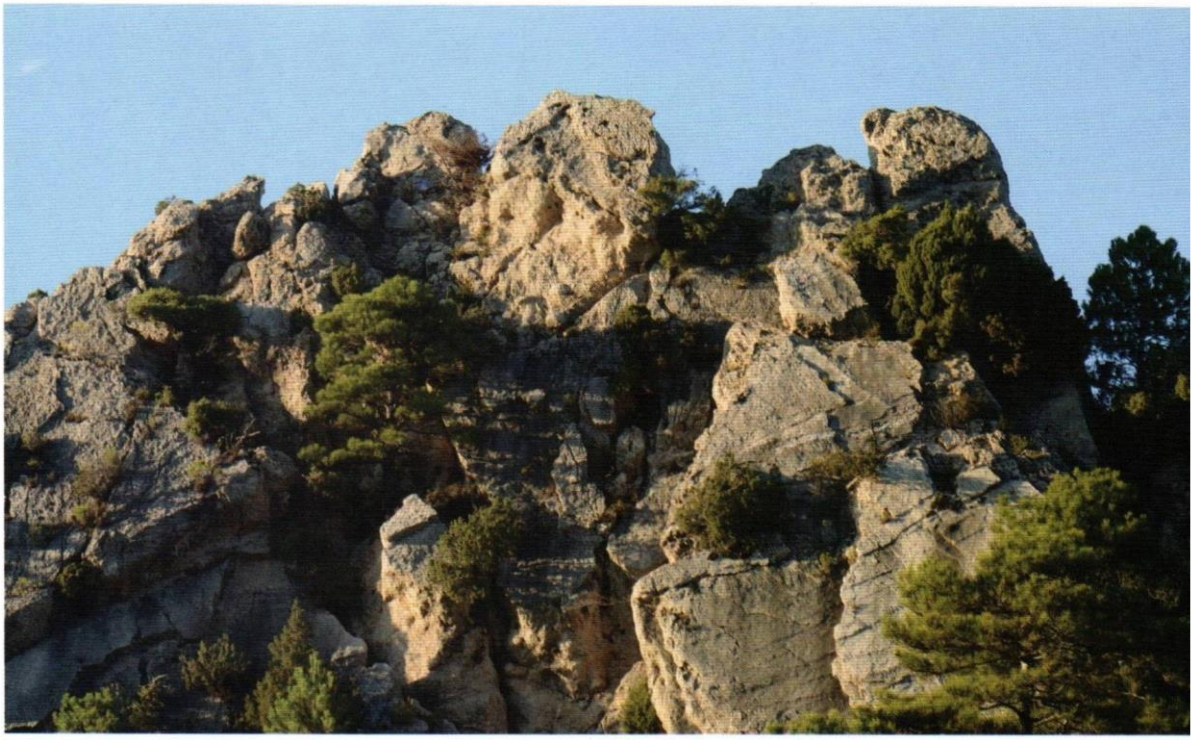
La lutite provient d'anciennes argiles fossiles du Triasique, il y a plus de 200 millions d'années.

Composition réelle du sol des forêts (5)



Genévriers sur un rocher immense.
Obón,Teruel.

Quelle doit être la structure du sol dans laquelle vivent ces arbres ?
Il est difficile de s'en faire une idée.
En tout cas, en observant les roches au milieu desquelles ils se développent, la logique nous conseillerait d'éviter un sol végétal à base de tourbe pour cultiver en bonsaï des genévriers de cette espèce.
Cela peut paraître un cas extrême, mais plusieurs des arbres qu'on prélève en montagne pour faire des bonsaï vivent, à l'origine, dans des lieux comme ceux-ci.
Une question nous vient à l'esprit et nous n'avons pas de réponse :
D'où ces arbres sortent-ils l'engrais ?
Nous pouvons supposer qu'il existe un peu de terre végétale à la base mais, la plupart de feuilles tombées qui pourraient former de la tourbe sont entraînées par les vents forts soufflant sur ces rochers escarpés.
Comment peuvent-ils pousser avec une telle vigueur dans des conditions aussi extrêmes ?



Des pins et des genévriers parmi les roches dans le Port d'Arnes.

Les substrats de nos bonsaï

La plupart du temps, il n'est possible que d'observer la surface des substrats dans nos pots.
C'est pourquoi nous ne jugeons de leur état qu'à la facilité du drainage, après les avoir arrosés.
Quand il est rapide : c'est que tout va bien...
Mais que se passe-t'il sous la surface ?
Ce n'est pas un substrat inerte dans lequel les racines grandissent.
Le sol dans la nature est en vie.
Aussi, dans le cas de bonsaï bien cultivés, nous serions surpris de constater l'énorme

quantité de micro-organismes qui vivent dans les pots.
C'est pourquoi, pour bien fertiliser les arbres, il faut comprendre comment fonctionne leur sol.
Si ce sol est vivant, riche et équilibré, nos bonsaï nous l'indiqueront par une croissance vigoureuse.

Sortie du pot d'un arbre transplanté depuis un an.

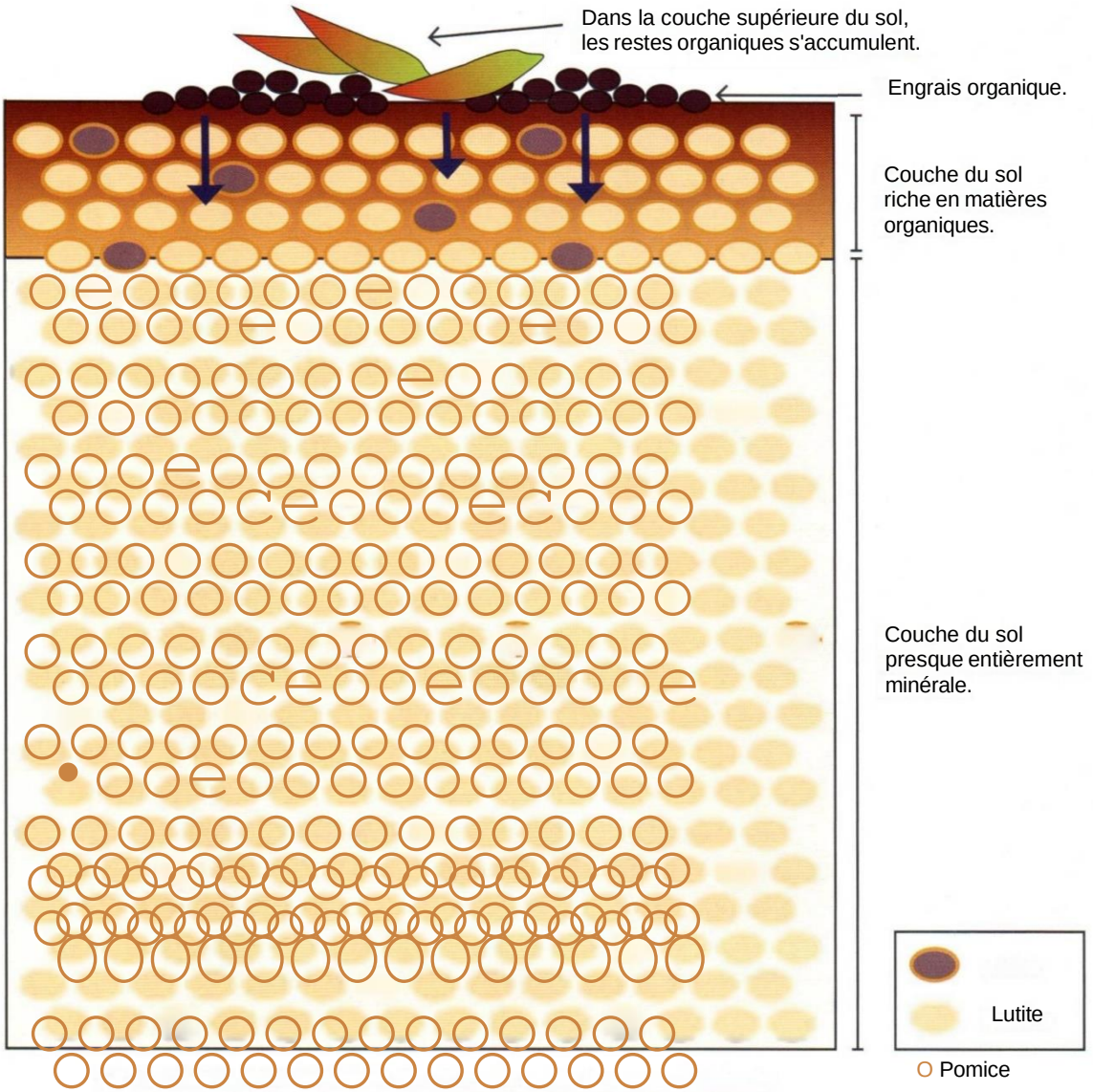
Il est relativement facile de sortir les bonsaï des pots pour voir l'état de leurs racines et vérifier la structure du substrat.
Ce frêne ***(Fraxinus angustifolia)*** est cultivé dans un mélange de pomice 85% et lutite 15%.

Idéalement : toutes les racines, dans un pot à bonsaï, sont des racines fines.
A chaque rempotage, on élimine les racines trop fortes.

L'engrais organique reste retenu dans les couches supérieures où il est décomposé par les micro-organismes : l'eau d'arrosage descend, enrichie par les nutriments qui atteindront les racines. Si ces racines préféraient vivre dans la terre végétale, on trouverait la plupart près de la surface, mais ce n'est pas le cas.

La pomice maintient la structure du sol sans se dégrader et la lutite, une argile fossile, possède une plus grande capacité d'échange cationique (CEC) c'est-à-dire qu'elle retient et fournit des nutriments aux racines.
Pour que les arbres vivent bien dans ce substrat, nous devons continuellement apporter de l'engrais organique, puisque ce sol ne comporte que peu de nutriments.

Grâce à l'apport de matière organique, la mousse commence à couvrir le sol.

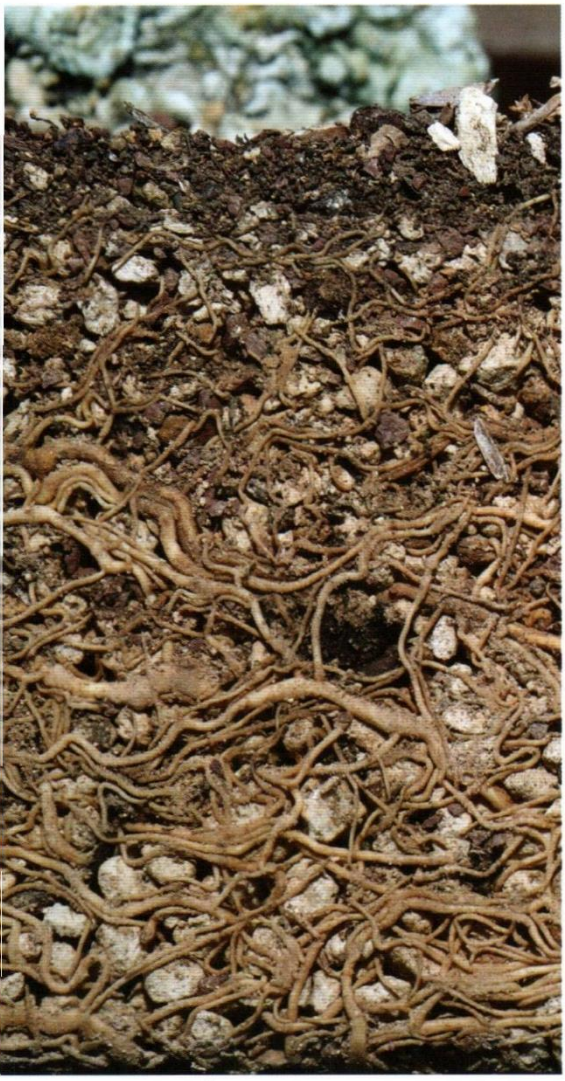


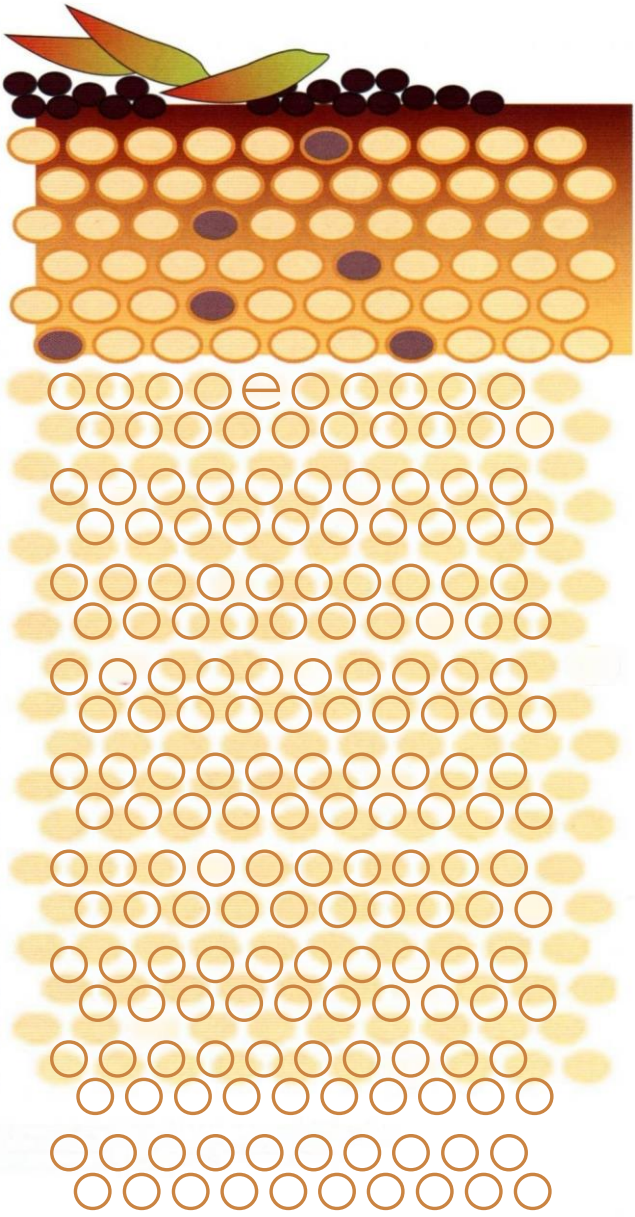
Sur ce schéma, nous voyons la structure du sol de la page précédente. Dans ce cas, il s'agit d'un mélange de pomice et lutite mais il est aussi parfaitement possible de cultiver avec pomice et akadama.

Comparons le sol d'un bonsaï à un sol naturel

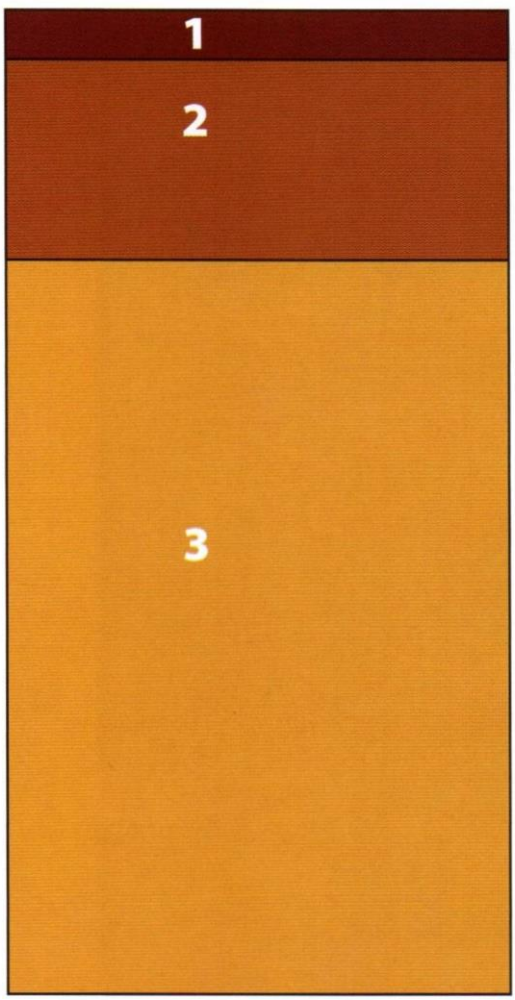
La structure du sol d'un pot à bonsaï nous rappelle celle des sols naturels de la forêt : dans la partie supérieure nous trouvons une couche mince de sol végétal, dû à l'apport périodique d'engrais organique.

En revanche vers le fond du pot, le sol reste très minéral.
Ce sol fonctionne parfaitement car il reproduit les conditions de vie des racines en milieu naturel.





En y réfléchissant, le système de culture de bonsaï dans des terres granulées minérales n'est pas aussi surprenant qu'il pourrait y paraître.
La différence la plus importante avec le sol d'une forêt réside dans le fait que ce type de substrat permet une meilleure aération, nécessaire pour obtenir beaucoup de racines fines dans l'espace limité du pot.
Si nous fertilisons bien, ce système fonctionnera à merveille.



Structure d'une exploitation d'akadama au Japon : la couche de terre organique est relativement mince. Cette structure présente beaucoup de similitudes avec celle du pot à bonsaï.

Il semblerait qu'un bonsaï ne puisse pas bien se développer dans un sol si "pauvre" et dans un si petit pot. Mais l'ajout périodique d'engrais organique fait que le sol devient vivant et que les pousses grandissent avec vigueur.

Les pointes des pousses couleur grenat nous indiquent le bon état de nutrition de l'arbre et des racines.

Il semble impossible que les arbres puissent grandir avec autant de force dans un sol qui - à l'origine - n'était que du gravier minéral complètement inerte. L'ajout presque constant d'engrais organique a permis d'obtenir un sol vivant.
Mais pour que ce soit possible, la fréquence de l'arrosage doit être élevée. Sans engrais constant, les bonsaï ne pour- raient pas vivre dans un milieu si pauvre. Sans la structure granulée du sol, les racines - nécessaire soutien de croissance pour l'arbre - ne pourraient pas survivre non plus.
Tous les cultivateurs de bonsaï savent qu'il est indispensable que nos arbres se développent pour pouvoir les former en taillant leurs pousses, contrairement à ce que beaucoup pensent.

Nous verrons plus loin qu'à certaines saisons, il ne faut pas fertiliser de la même façon :
Par exemple, en été, la chaleur forte et la sécheresse de l'air, ralentissent la croissance des pousses.
L'engrais solide sèche très rapidement et il ne fermente pas, puisque les bactéries et les champignons qui le décomposent, ont besoin d'une atmosphère humide pour proliférer.
A ces moments, de légers apports d'engrais liquide à faible dose sont très intéressants pour maintenir la vigueur de nos arbres.

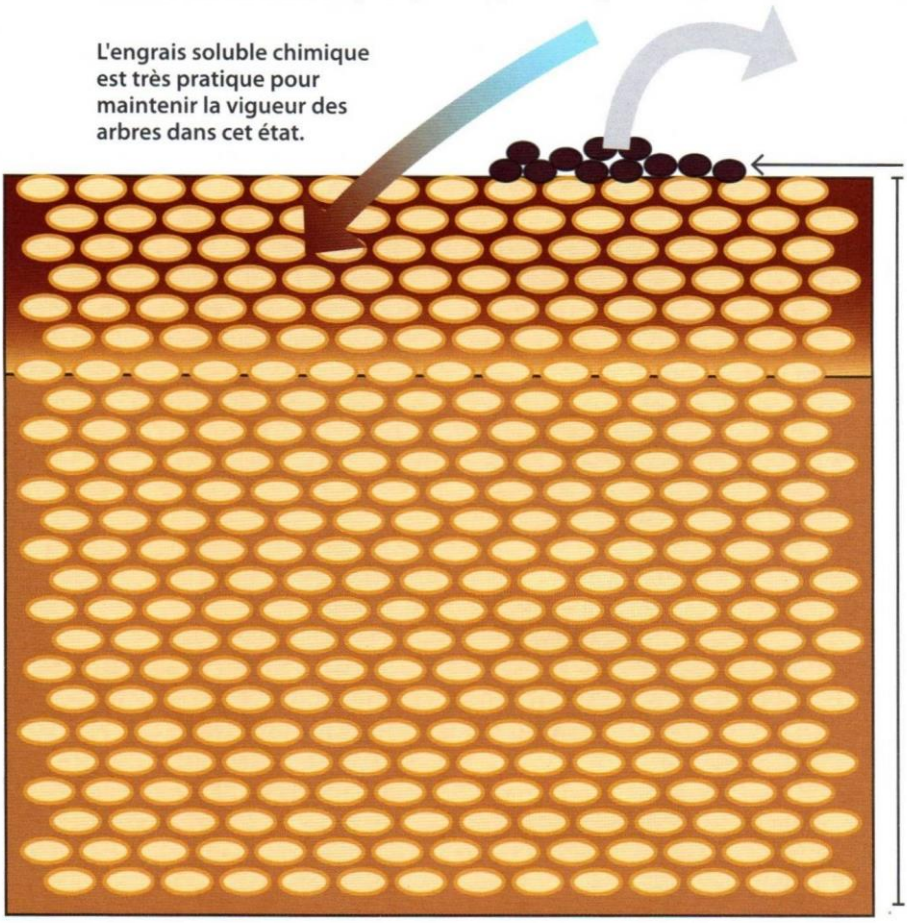
Évolution du substrat des bonsaï au fil du temps

Pommier : 5 ans sans rempotage. La couleur des feuilles indique que cet arbre s'épuise : le "moteur" commence à tomber en panne.

Au fil des ans et malgré l'utilisation de substrat à grains durs, le sol devient compact.
D'une part l'apport constant d'engrais organique et, d'autre part les racines fines que l'arbre renouvelle, finissent par réduire le drainage.
Dans ces cas le rempotage devient nécessaire.
Mais si nous ne pouvons pas rempoter à la bonne saison, l'engrais liquide sera d'une grande aide pour maintenir la vigueur des arbres.
Quand le drainage commence à décliner, nous ne pou- vons pas continuer à fertiliser de la même façon.
L'engrais liquide (organique ou chimique), les chélates de fer et les aminoacides, dissous dans l'eau d'arrosage s'avèrent être très efficaces pour maintenir l'arbre dans de bonnes conditions jusqu'au rempotage suivant.

Le sol est, ici, chargé de matière organique.
Il s'éloigne beaucoup trop des sols minéraux dans lesquels vivent normalement les arbres.

Pour beaucoup d'espèces, le développement des racines démarrent après celui des pousses. Les nouvelles pousses grandissent grâce aux réserves de nutriments que l'arbre a accumulé pendant la saison précédente. C'est pourquoi, l'apport d'engrais sera plus important en automne.



Ôter l'engrais organique ou n'en n'utiliser que très peu.

Le sol est comblé de matière organique. Dans ces circonstances, les racines fines se noient et seules les plus fortes survivent :
Une ramification fine ne pourra être maintenue sans racines fines.

D'années en années, les grains se dégradent, les pores du substrat sont obstrués par les restes de racines fines que l'arbre renouvelle et par l'engrais organique qui se délite. La ventilation du sol se réduit et le drainage baisse.
Seule solution : le rempotage.