

# ZÉOLITHE : SUBSTRAT BONSAÏ IDÉAL ?

## AVANT PROPOS :

Si, depuis le début des années 1970, notre approche du bonsaï a considérablement évolué, en terme de codification et d'esthétisme, il en est de même concernant la culture.

Nous sommes passés de la simple terre végétale à des substrats plus en adéquation avec notre passion (akadama, pumice, pouzzolane), mais s'il existe une roche bien fabuleuse et peu connue, c'est bien la zéolithe.

Je propose de vous faire découvrir les fantastiques propriétés de cette roche (peux-t-on affirmer qu'un produit est meilleur qu'un autre, si on ne le démontre pas !!!). Cette étude a été menée en toute indépendance, n'étant ni un commerçant de ce produit, ni un professionnel du bonsaï (qui me connaît, hormis les membres de mon club de bonsaï, et quelques passionnés à travers la France) et vous faire partager ma passion de la zéolithe est mon seul objectif. Cet article peut, à certains d'entre vous, sembler difficile à comprendre, ne vous rebutez pas, il est technique, et je me devais d'aller dans ce sens. Un glossaire des termes techniques est disponible à la fin du document.

Deux personnes sont associées à ce travail, pour tout ce qu'elles m'ont apportées.

Le premier est François Houette (société Hosaké à Cinais-37) il a raison, ce tuf zéolitique (définition correcte) est un matériau fabuleux ; il fallait oser, il y a 15 ans, le découvrir et prendre le risque de l'utiliser.

Le second est le Dr Wilfrid Balmer (société SOMEZ, à Montpellier). Quelle patience a-t-il eu pour répondre à mes interrogations ! Il est la garantie, que tout ce qui a trait à la zéolithe, dans mon article, est exact et vérifiable.

## INTRODUCTION

Le terme zéolithe a été introduit en 1756 par le minéralogiste suédois A.F. Crønsted. Il vient du grec "zeo" et "lithos" qui signifient "pierre bouillante". En 1878, Georges Friedel sera l'un des premiers à étudier les étonnantes facultés d'adsorption des zéolithes naturelles.

A partir des années 50, les scientifiques ont réussi à fabriquer artificiellement des zéolithes. Leurs premières applications furent dans l'industrie pétrolière. Depuis, les efforts des chercheurs ne se sont jamais interrompus et les zéolithes font partie des matériaux les plus étudiés au monde. Actuellement, on connaît une quarantaine de variétés naturelles, dont une dizaine exploitables en carrière, et plus d'une centaine de zéolithes synthétiques.

Les zéolithes sont utilisées dans un très grand nombre de domaines : l'agriculture, la pétrochimie, la fabrication de lessives, la construction, le traitement des eaux et de l'air, la dépollution des sols, la protection nucléaire, etc. On dénombre plus de trois cents applications différentes qui consomment plus de 5,5 millions de tonnes zéolithes par an dont environ 4 millions sont d'origine naturelle (*sources : Roskill, Ed. 2003*). 70% de ces dernières sont dédiées à l'agriculture (amendement des sols, nutrition animale, assainissement des lieux d'élevage, etc.).

## STRUCTURE

Les zéolithes sont des "aluminosilicates\* hydratés cristallisés" et ce ne sont pas des argiles bien que faisant également partie de la famille des silicates. Du point de vue physico-chimique et, en ce qui nous concerne, en tant que substrat pour bonsaï, la différence est de taille ; il ne faut donc pas les confondre !

A l'échelle moléculaire, les zéolithes sont constituées de tétraèdres\* de silicate et d'aluminate (atomes de silicium et d'aluminium entourés d'atomes d'oxygène) reliés entre eux par les atomes d'oxygène qui font office de ponts.

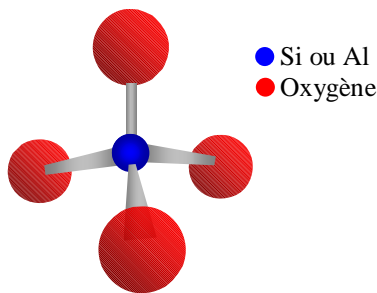


Figure 1 : Tétraèdre (silicate ou aluminate)

Les structures obtenues pourraient être vaguement comparées à des nids d'abeilles avec des pores, des cages et des canaux qui les relient. Les zéolithes sont donc des minéraux totalement poreux.

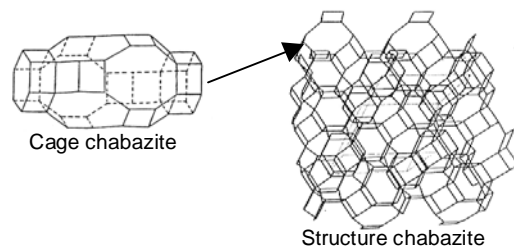


Figure 2 : Structure de la chabazite  
(source : "Atlas of zeolite" – IZA)

Chaque aluminate\*, apporte une charge négative, qui est contrebalancée par un cation afin d'assurer l'électroneutralité de l'ensemble.

## PROPRIÉTÉS

### Une grande capacité d'adsorption

La porosité permet d'obtenir dans une petite quantité de matière une très grande surface "développée" (les scientifiques préfèrent l'appeler "surface spécifique"). Par exemple, une zéolithe courante comme la clinoptilolite, présente en moyenne une surface spécifique de 25 m<sup>2</sup> par gramme ; autrement dit, dans 286 grammes de cette zéolithe on a une surface équivalente à celle d'un terrain de football !

De cette caractéristique et de leur composition chimique, découle une première propriété très importante des zéolithes : leur capacité d'adsorber\* des molécules différentes, dont l'eau, dans des proportions variables selon la zéolithe. Certaines zéolithes comme la chabazite, peuvent adsorber l'eau jusqu'à 35% de leur poids et ont une rétention hydrique proche de 48% dans un sol !

Tableau 1 : Volume poral de zéolithes naturelles (Source : Cahiers de l'ASEES 2004, Vol 9, n°1)

Zéolithe	Volume poral <sup>1</sup> (%)
Mordenite	28%
Phillipsite	31%
Clinoptilolite	39%
Chabazite	47%

## **Une C.E.C. exceptionnelle**

Les cations\* les plus fréquemment rencontrés dans les zéolithes sont les suivants : calcium, magnésium, potassium, sodium. Dans le cas des zéolithes naturelles la proportion de certains cations par rapport à d'autres dépend essentiellement de leur genèse. En effet, les grandes étendues de roches zéolitiques ont pour origine des cendres volcaniques qui se sont déposées dans des étendues d'eau (lacs ou mers) et qui se transformées au cours de centaines de milliers d'années. On trouvera donc majoritairement du sodium dans une zéolithe formée dans une mer et plutôt les ions calcium, potassium et magnésium pour celles formées dans une eau douce. Là encore, des variations peuvent apparaître puisque toutes les eaux douces n'ont pas la même teneur en ces différents cations.

Les cations présents à l'origine dans la roche peuvent être échangés par d'autres se trouvant dans le milieu dans lequel la zéolithe est mise en contact (liquide aqueux ou sol). La zéolithe aura donc tendance à échanger ses cations pour ceux du milieu avec une affinité plus ou moins grande. Cette seconde propriété qui intéresse grandement les horticulteurs, est généralement appelée la Capacité d'Échange Cationique ou C.E.C.

Dans le cas des zéolithes naturelles la C.E.C. est tout à fait exceptionnelle puisqu'elle varie de 120 à 250 meq/100 g selon l'espèce.

## **ZÉOLITHES ET CULTURES VÉGÉTALES**

Avant d'aborder le cas précis du bonsaï, une brève revue des apports des zéolithes dans le cadre plus large de l'amendement des sols, s'impose. On peut résumer les avantages de ces minéraux en cinq points :

- Il est établi que les pertes du système Plante-Sol sont d'autant plus faibles que la C.E.C., du complexe argilo-humique, est forte. Cette dernière dépend de la composition du sol, c'est à dire le pourcentage de matières organiques, d'argiles, de sable, etc. Le principe de l'action d'un apport en zéolithe réside dans une augmentation significative de la C.E.C. : avec un amendement zéolitique de 10%, il est possible de multiplier par 10 la C.E.C. d'un support sableux et par 2,5 celle d'un support moyen de type sol limono-sableux. Ceci est d'autant plus avantageux que l'amendement zéolitique est purement minéral, il est donc permanent tandis que la C.E.C. d'origine organique suivra le destin de la matière organique dans les sols.
- Grâce à leur propriété hydrophile, les zéolithes peuvent adsorber l'eau jusqu'à 30% de leur poids total et sans aucune variation de volume : pas de gonflement en présence d'eau ni de craquement en cas de déshydratation comme certaines argiles. Les zéolithes sont d'ailleurs de puissants agents anti-mottant (anti-agglomérant). Cette propriété est très appréciée dans le cas des terrains de golf et autres aires de jeux.
- Les zéolithes ne captent pas l'eau de façon irréversible, elles se comportent comme une réserve au voisinage des racines. Celles-ci peuvent capter l'eau en fonction de leur besoin. Les zéolithes permettent ainsi de réduire les besoins d'arrosage jusqu'à 35 %.
- Une zéolithe se comporte comme une "Zone de Stockage" qui retient l'azote et les éléments minéraux nutritifs au voisinage des racines et les relâche lentement en fonction des besoins de la plante. Cela se traduit par une croissance harmonieuse mais rapide du végétal.

- La capacité d'adsorption et l'énorme rapport surface/volume des zéolithes, vont permettre à la fois la rétention de la solution du sol et une bonne oxygénation au voisinage du système racinaire. Les zéolithes favorisent donc l'organisation biologique des sols en contribuant au développement de la micropopulation. L'apport en nutriments (N, P, K) est réduit de 20 à 25 %. Ces derniers, adsorbés par la zéolithe, sont beaucoup moins sensibles au lessivage et à l'évaporation.

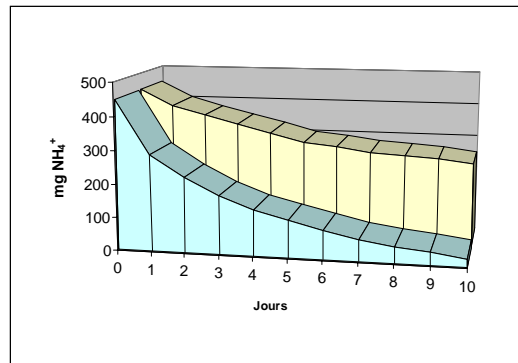


Figure 3 : Vitesse de lessivage dans un sol sableux sans zéolithe (bleu) et dans un sol sableux avec zéolithe (jaune) (source : GSA Resources – AZ, USA)

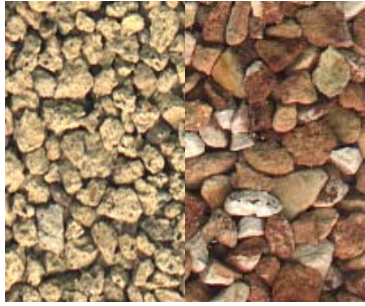
## STABILITÉ

La stabilité est un facteur décisif lorsque l'on décide d'utiliser de tels matériaux dans la culture de bonsaï. Elle doit se manifester à plusieurs niveaux :

- La résistance mécanique : la roche doit pouvoir garder une granulométrie stable dans le temps sans s'éroder du fait des frottements entre les grains ou lors des manipulations (rempotage).
- La résistance thermique : les brutales variations de température, le gel ou la sécheresse ne doivent pas provoquer l'érosion de la roche.
- La capacité d'échange cationique : elle doit garder une certaine constance au cours du temps afin de limiter les apports trop fréquents.

Les zéolithes synthétiques pourraient être utilisées car elles ont des C.E.C. et des capacités de rétention d'eau supérieures aux naturelles, mais elles présentent quatre inconvénients majeurs :

- Elles n'apportent qu'un seul type de cation au sol à la différence des zéolithes naturelles qui contiennent généralement plusieurs cations majeurs en plus de nombreux oligo-éléments forts utiles au développement végétal.
- Elles n'existent que sous la forme de poudre, de billes ou de cylindres (voir photo suivante) ce qui n'est pas très esthétique.
- Elles coûtent en moyenne dix fois plus cher que les naturelles.
- Leur forme lisse (ronde ou cylindrique) ne permet pas un bon développement racinaire.



Chabazites



Zéolithes synthétiques extrudées  
(billes, cylindres)



Clinoptilolites



Photo 1 : Assortiments de zéolithes naturelles et synthétiques (sources : photo SOMEZ)

## IMPORTANCE DE L'ORIGINE

Lorsque l'on parle des zéolithes naturelles (ou tufs zéolitiques), il est important d'être précis. Les zéolithes naturelles, étant extraites de carrières, ne sont pas pures, contrairement aux zéolithes artificielles. La roche, en plus de contenir majoritairement une ou plusieurs zéolithes, peut également avoir du feldspath, des argiles, du quartz, etc ; on ne retrouve donc pas exactement les mêmes compositions minéralogiques d'une carrière à l'autre ni les mêmes concentrations cationiques pour une même espèce de zéolithe.

Tout l'art de trouver un bon substrat zéolitique commence par la caractérisation du minéral le plus adéquat pour la culture envisagée (C.E.C., taux d'adsorption d'eau, cations majeurs). Ensuite, les paramètres de stabilité indiqués précédemment sont pris en compte puis d'autres aspects comme la pureté, la composition minéralogique (on évite le quartz, les argiles et les minéraux fibreux comme l'érianite), la granulométrie ou la couleur (beige, vert pâle, marron, ocre, etc).

La transformation de la roche en grain passe par plusieurs étapes qui peuvent affecter le produit final, en particulier le taux d'humidité du matériau avant broyage, le mode de broyage et le type de séchage artificiel. Un mauvais "process" peut donner un produit friable, d'aspect poussiéreux et peu stable mécaniquement dans le temps (désagrégation).

La dureté du substrat est un élément essentiel puisqu'il doit convenir au type de culture. On choisira un matériau tendre, peu friable et sans arrêtes coupantes qui n'abîmeront pas les racines des jeunes plantes ; alors qu'une roche plus résistante sera choisie par les arboriculteurs ou pour résister au piétinement des greens ou autres terrains de sport.

En pratique, un minéral est plus dur qu'un autre s'il raye ce dernier. Les duretés sont classées par rapport à celle de 10 minéraux tests, on appelle ce classement échelle de Mohs.

Tableau 2 : Échelle de Mohs (source "Dictionnaire de géologie", Ed. Dunod)

Dureté selon l'échelle de Mohs	Minéral test
1	Talc
2	Gypse
3	Calcite ( <i>raye l'ongle</i> )
4	Fluorine
5	Apatite
6	Orthose ( <i>= verre, raye la lame de couteau</i> )
7	Quartz ( <i>raye le verre</i> )
8	Topaze
9	corindon
10	Diamant

Les zéolithes naturelles ont une dureté comprise entre 2,5 et 3,5 mais certaines peuvent atteindre 5. Ces dernières sont trop dures et coupantes pour les racines des plantes, elles sont donc à éviter.

## ZÉOLITHE ET BONSAÏ

### Un substrat largement supérieur aux autres

Le tableau comparatif ci-dessous présente les principaux substrats utilisés de nos jours dans la culture de bonsaï.

Tableau 3 : Comparaison des performances des principaux substrats pour le bonsaï (sources : diverses)

Substrat	pH	C.E.C. (meq/100 g)	Rétention eau (%)	Durabilité
Akadama	Neutre	120 maxi*	45	Moyenne
Ecorce de pin	Acide	90	15	Moyenne
Pouzzolane	Neutre	0	8	Très bonne
Pumice ou ponce*	Neutre	0	35	Bonne
Sable	Neutre	0	0	Très bonne
Zéolithe ( <i>spéciale Bonsaï</i> )*	Neutre	220	48	Bonne

\* pour l'akadama, sachant que c'est une argile (C.E.C moyenne d'une argile de type kaolin : 80-90 meq/100 g) et ne connaissant pas son type, j'ai donné la C.E.C maximale donnée pour une argile

## **Note de l'auteur :**

Les données du tableau 3 proviennent de sources diverses ; si pour le pH, la rétention et la durabilité, les sources sont vérifiées et contrôlées, il est difficile de le faire pour la C.E.C.. Les chiffres proviennent de sites Internet divers (agronomie, plantes, agriculture). Même si nous pouvons leur faire confiance, je ne suis pas à l'abri d'une faille. Cette remarque ne concerne évidemment pas les zéolithes, objet de ce texte, puisque les valeurs proviennent de publications scientifiques dont celle du Prof. Passaglia de l'Université de Modène (Italie) et du Dr Balmer (société SOMEZ, à Montpellier)

Ce tableau montre très clairement les qualités supérieures d'une zéolithe spécifique au bonsaï par rapport à la référence qu'est "l'akadama" où l'on constate que l'argile japonaise est dépassée à tous les niveaux. La pouzzolane et la pumice ont pour intérêt une certaine esthétique et une faible densité pour la seconde.

En matière de C.E.C., les pouzzolanes et les ponces sont totalement inertes, quant à la rétention d'eau elle se fait suivant un mécanisme très différent de celui des zéolithes. En effet, les pouzzolanes et les ponces sont des roches magmatiques\*, elles n'ont pas de micro porosité et dans le cas de la ponce une grande partie des pores est complètement fermée, l'eau ne peut y pénétrer, c'est d'ailleurs pourquoi elle peut flotter. L'eau contenue par ces roches est rapidement éliminée par simple évaporation ou désorption par capillarité au profit du sol. La zéolithe, elle, conserve l'eau comme un réservoir puis elle se déshydrate lentement suivant un mécanisme plus complexe où la plante joue un rôle prépondérant.

Le principal avantage des "pumices" et autres pouzzolanes est leur assez large disponibilité et le coût très peu élevé. Ce qui à long terme est discutable si on prend en compte les économies que permet l'usage des zéolithes (eau, nutriments, etc).

## **Quelle est la meilleure zéolithe pour le Bonsaï ?**

Comme nous l'avons déjà indiqué précédemment, selon l'origine du matériau on peut avoir des caractéristiques différentes. Par exemple, deux clinoptilolites peuvent avoir des effets opposés. Il faut donc s'assurer de leurs caractéristiques minéralogiques et chimiques.

Les zéolithes naturelles les plus utilisées sont la phillipsite, la mordenite, la clinoptilolite, et la chabazite. Ces trois dernières étant les plus exploitées aujourd'hui dans de nombreuses régions du Monde (Japon, Europe centrale, Asie Mineure, Amérique du Nord, Chine).

Les deux types de zéolithes naturelles les plus adéquates à la culture de bonsaï sont : la CHABAZITE et la CLINOPTILOLITE.

Une bonne clinoptilolite doit avoir une pureté de l'ordre de 80% alors qu'une bonne chabazite doit s'approcher de 65% de pureté. Cette valeur ne doit surtout pas vous paraître faible car paradoxalement, la chabazite est de loin la meilleure zéolithe pour la culture de bonsaï. A titre comparatif une bonne clinoptilolite présente une C.E.C. de 140 meq/100 g et une rétention hydrique de l'ordre de 30% alors qu'une chabazite spécifique au bonsaï atteint respectivement 230 meq/100 g et 48% !

## **Pourquoi cette roche extraordinaire n'est-elle pas plus connue de nous ? Pourquoi n'est-elle pas plus vendue par les professionnels ?**

Les raisons qui expliquent la quasi absence des zéolithes sur le marché du bonsaï sont multiples. Depuis des siècles on exploite les zéolithes en agriculture mais les producteurs sont avant tout intéressés par le tonnage, ils n'ont donc jamais eu l'idée d'explorer le marché spécifique du bonsaï. La pouzzolane et la "pumice" sont des minéraux très courants exploités dans des carrières un peu partout y compris en France, à la différence des zéolithes qui en outre sont plus chères. Bien qu'il soit également importé, "l'akadama" a eu l'avantage de venir du Japon tout comme le bonsaï. C'est un gros avantage en terme d'image !

Vous l'aurez compris, le monde des zéolithes est vaste et complexe, c'est pourquoi l'un des principaux obstacles à la commercialisation des zéolithes pour la culture de bonsaï est une banalisation du produit qui passera par une plus grande distribution, et dont le coût sera moins élevé que l'akadama, ce qui est largement faisable.

## CONCLUSION

La zéolithe et plus particulièrement, la chabazite, a un avenir exceptionnel pour le bonsaï, si :

- sa qualité d'extraction reste constante ;
- les grossistes sont formés et capables ensuite de la contrôler ;
- les revendeurs puis les clubs relayent les bonnes informations à propos de ce substrat.

Courriel : [bruno.auvinet@free.fr](mailto:bruno.auvinet@free.fr)

**Bruno Auvinet**

## Glossaire :

---

- Un aluminosilicate est un silicate dans lequel certains atomes de silicium sont remplacés par des atomes d'aluminium ; il s'agit de la famille des minéraux la plus abondante de la croûte terrestre.
- Tétraèdre : solide à quatre faces, délimité par des faces polygonales ; c'est une pyramide à base triangulaire.
- Aluminate : nom générique des minéraux qui contiennent de l'alumine (oxyde d'aluminium)
- Adsorption : Phénomène par lequel la surface d'un corps fixe les molécules libres ou dissoutes d'un liquide avec lesquels elle est en contact
- Le volume poral constitue la somme de la porosité d'un minéral (macro, méso, microporosité).
- Cation : ion positif
- \* Zéolithe, spéciale bonsaï : nous parlons de la chabazite
- Roche magmatique : masse silicatée en fusion issue des zones profondes de l'écorce terrestre.
- Pumice et pierre ponce sont le même produit.



---

IMPORTANT : Adsorption d'eau et rétention hydrique. Il s'agit là de faux amis, le premier décrit la capacité de la zéolithe à emmagasiner de l'eau à l'intérieur de la structure, alors que la rétention hydrique correspond au taux de mouillabilité (cela inclus à la fois l'eau à l'intérieur du cristal mais aussi la pellicule d'eau autour des grains et entre eux, lorsque le matériau est mouillé.

TOUS DROITS RESERVES. BRUNO AUVINET / EDG BONSAI