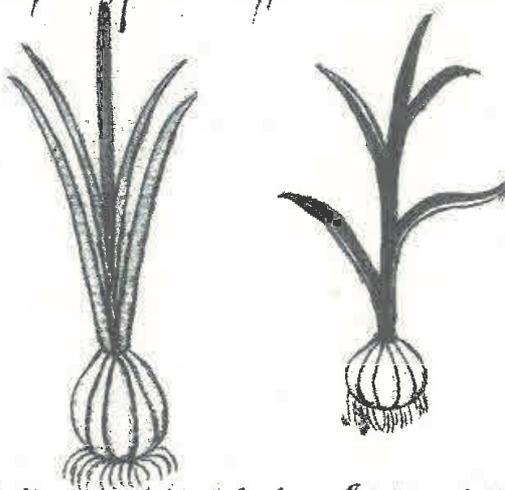


Item regim alic. moitho' et per en' bing bupel d'ada  
monil'amp'it' q' b'ul' et' p' t'ntu' d'ol'rig' et a



**A**llium est al. X est hault et se auquant et en  
quart plus autum. Il est d'uy maniege de  
domestique d'elum l'antre f'annat' q'm est appelle' ste  
est hault et se man' (monie) qu'le. domestique

Daniel CADOLLE

## *Histoire de la stérilité de l'ail*

---

**L'ail**, *Allium sativum* L., du latin "sativus", cultivé, est une plante stérile qui appartient, comme les oignons, les poireaux et les échalotes, à la grande famille des Allium, dont plusieurs espèces comestibles sont cultivées à grande échelle dans le monde entier. Cette famille comprend environ 700 espèces, sauvages pour la plupart, réparties presque uniquement dans l'hémisphère nord, et majoritairement dans une zone s'étendant de la Turquie jusqu'à la frontière de la Chine avec l'ex-URSS.

Bien avant que l'on ne parle de manipulations génétiques, on avait remarqué que le croisement, ou l'hybridation, de plantes cultivées avec certains de leurs très proches parents sauvages permettait, en modifiant de manière définitive leur descendance, d'introduire dans leur patrimoine génétique des caractères favorables ou défavorables. Cette technique n'a jamais pu être appliquée à l'ail car cette plante est stérile et ne se reproduit que de manière végétative\*. Toutes les variétés d'ail connues sont des variétés locales toujours stériles et, jusqu'à ces vingt dernières années, l'état de méconnaissance sur cette plante était tel qu'il était impossible d'imaginer l'améliorer par les techniques agronomiques habituelles.

### ***Les premières recherches sur l'ail***

À la fin du 18<sup>e</sup> siècle, l'étude des conséquences de l'hybridation entre espèces avait déjà été initiée par Linné, qui suggérait que ce mécanisme pourrait être à l'origine de l'apparition des nouvelles espèces (1). Depuis, bien des progrès ont été faits et l'apparition des biotechnologies et des manipulations génétiques a permis des réalisations extraordinaires, mais l'hybridation entre espèces reste toujours un outil très important d'introduction de la variabilité génétique lors de la création de nouveaux cultivars\*, les parents sauvages des espèces cultivées représentant un énorme réservoir de gènes agronomiquement très utiles (2, 3).

Ces techniques exigent d'abord que l'on connaisse des parents sauvages très proches de la plante concernée, et ensuite que les deux espèces produisent des fleurs fertiles, source de pollen. Le pollen, élément mâle dans la reproduction sexuée des plantes, est le "moyen de transport" des gènes d'une plante vers l'autre. Une dernière condition,

\* voir glossaire

très importante, est que le résultat de ce croisement soit un hybride fertile. Mais, en ne connaissant ni la fleur de l'ail ni ses proches parents, il n'existait aucun moyen d'en obtenir un hybride, donc d'orienter son évolution et d'envisager ainsi une quelconque amélioration des qualités de la plante. Pouvait-on résoudre ce problème et redonner une fertilité à l'ail d'aujourd'hui ? C'est dans l'histoire de cette plante que se trouve peut-être la réponse à cette question.

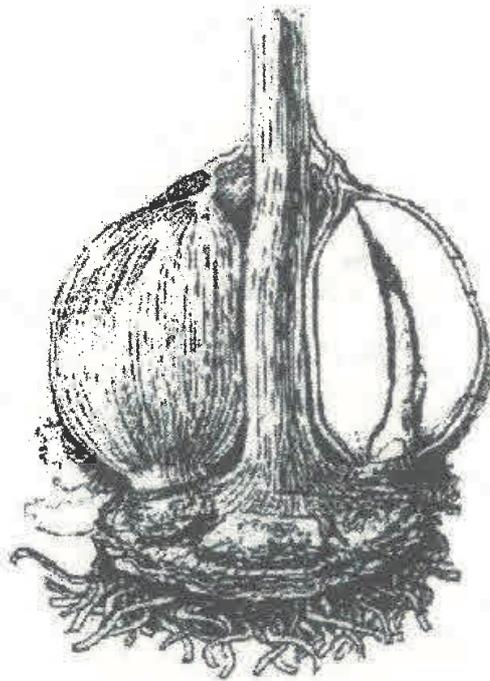
Les premiers botanistes croyaient que l'ail était une plante méditerranéenne. En 1753, Linné situait son berceau d'origine en Sicile (9), et Don, en 1827, le plaçait en Grèce ou en Crète (10). Plus tard, en 1875, Regel décrivait un ail sauvage, portant des fleurs, originaire de Dzungarie, un vaste bassin désertique d'Asie centrale, au nord des montagnes du Tien-Shan (11), qu'il baptisa *Allium longicuspis*. Information qu'il confirma en 1887 (12), après une publication de De Candolle en 1886 (13). Finalement, les botanistes se mirent d'accord pour situer le berceau d'origine de l'ail en Asie centrale (14, 15, 16, 17), sans plus de précision.

### ***La redécouverte de l'ail sauvage***

Ces informations tombèrent ensuite dans l'oubli et ne furent reprises qu'à la fin des années 1970 par le professeur Takeomi Etoh, de la Faculté d'Agriculture de l'Université de Kagoshima, au Japon, qui entreprit de produire une plante dont le goût et l'arôme devaient se situer entre ceux de l'ail et de l'oignon, gastronomie japonaise oblige ! La première solution qui s'imposa à son esprit fut de créer tout simplement un hybride ail-oignon. Mais si l'oignon produit des graines, l'ail, lui, n'en produit pas.

C'est en 1983 qu'Etoh décida de partir en Asie centrale à la recherche de l'ail fertile, décrit par Regel en 1875 sous le nom d'*Allium longicuspis*. Il visita les actuelles républiques d'Asie centrale : l'Ouzbékistan, le Tadjikistan, le Kirghizstan, le Kazakhstan et l'extrême nord-ouest de la Chine, et ramena des échoppes des bazars de Dushambe, Tachkent, Samarkand, Bichkek, Kant, Almaty, Kashgar, Quingshuihe et Ouroumtsi des aux locaux, dont la description correspondait à celle que Regel avait faite un siècle auparavant (18).

Une anecdote à ce sujet. Etoh voyageait en simple touriste et n'eut aucun problème pour emporter ses plantes au Japon. Par contre, un chercheur français de l'INRA fit presque le même voyage à la même époque, mais d'une façon officielle, accompagné de guides et d'interprètes, et ne fut pas autorisé à prélever des échantillons ! Il ne put rapporter, de Samarkand, qu'un bulbe ramassé à terre en cachette ! Ce bulbe, depuis, a donné naissance à une variété d'ail commercialisée actuellement en France (19) !



*fig 1 - Anatomie d'un bulbe*

## *La restauration de la fertilité de l'ail*

Les bulbes apportés par Etoh furent mis en terre au Japon et cultivés. Ils donnèrent naissance aux premières lignées de clones\* d'ail originaires d'Asie centrale. Sur les 31 bulbes collectés, 14 d'entre-eux s'avérèrent producteurs de pollen, plus ou moins fertiles, d'autres stériles et d'autres encore mâles-stériles, ne produisant pas de pollen et ne pouvant produire des graines que lorsqu'ils sont fertilisés par le pollen d'une autre fleur d'ail. Pendant les dix années qui suivirent, les caractéristiques morphologiques, génétiques, biochimiques et physiologiques de ces clones furent étudiées et comparées à celles d'autres collections regroupant des centaines de clones d'ail en provenance des cinq continents (20, 22). Parallèlement, au cours des années 1985 à 2000, les biotechnologies prirent leur essor et de nouvelles techniques d'analyses biochimiques furent développées, de plus en plus fines, aux résultats de plus en plus précis, permettant à d'autres équipes, aux États-Unis et en Allemagne notamment, de subdiviser les variétés d'ail cultivées dans le monde en quatre grands groupes et d'entrevoir de façon un peu plus claire l'arbre généalogique de l'ail (21). En même temps, les premières tentatives de reproduction de l'ail selon le mode sexué furent entreprises par Etoh qui, grâce à quelques "astuces", obtint les premières graines d'ail (23, 24). Résultats rapidement confirmés par quelques autres équipes de chercheurs dans les pays occidentaux (25, 31).

Etoh avait effectué son voyage en Asie centrale en 1983. Les études menées sur les clones issus des bulbes ont montré, entre autres, que leur fertilité dépendait du lieu de leur récolte et que la grande majorité de ces clones fertiles provenait en fait d'une région beaucoup moins étendue que prévue. Il s'agit une zone s'étendant de Bichkek,

capitale du Kirghizstan, à Almaty, grande ville de l'extrême sud du Kazakhstan, au nord des montagnes du Tien-Shan, autour du lac Issyk-Koul. Ces données furent confirmées à la suite d'un second voyage effectué en 1994 dans cette région bien précise et dont Etoh ramena 42 nouveaux clones dont 31 se montrèrent fertiles (26).

On était donc parvenu à trouver le moyen de redonner une "vie sexuelle normale" à l'ail et à retrouver avec précision son berceau d'origine. Il restait cependant à comprendre pourquoi et comment celui-ci était devenu stérile.

### ***L'état actuel des connaissances***

En étudiant les clones d'Asie centrale, Etoh observa que les clones fertiles et les clones non fertiles ne possédaient pas le même caryotype\*, et présentaient de nombreuses anomalies des chromosomes qui semblaient rendre impossible la formation des cellules sexuelles à l'origine du pollen (27). L'ail ramené par Etoh est d'aspect assez différent de celui que nous consommons régulièrement mais correspond à la description faite en 1875 par Regel. Il est de taille nettement inférieure, les feuilles sont assez étroites et il porte une hampe florale supportant des fleurs, organisées en une sorte de boule, caractéristique de la "fleur" ou inflorescence des *Alliums*. Les bulbes sont beaucoup plus petits et les caïeux beaucoup moins nombreux que chez l'ail cultivé. D'autres études, menées sur des clones de toutes origines, ont permis de classer l'ail en quatre grands groupes, *sativum*, *ophioscorodon*, *sub-tropical* et *longicuspis*, en fonction de leur provenance et de leurs caractéristiques morphologiques et biochimiques. Le groupe *sativum* se rencontre autour du bassin méditerranéen au sens large et en Amérique du nord. Le groupe *ophioscorodon* est le plus commun en Europe de l'Est, Europe du Nord, Europe centrale et

dans le Caucase. Le groupe *sub-tropical* est cultivé en Inde, au Viet Nam, en Birmanie, en Malaisie et comprend un sous-groupe, *chinense*, que l'on trouve en Chine. Le groupe *longicuspis*, regroupant les clones d'Asie centrale, paraît être le plus primitif selon les informations apportées par les analyses biochimiques, et serait à l'origine des trois autres groupes (28). Les groupes *sativum* et *ophioscorodon* sont caractérisés par la grande taille de leurs bulbes et des feuilles de taille moyenne. Le groupe *sub-tropical* produit des bulbes plutôt petits et des feuilles de taille moyenne, alors que le sous-groupe *chinense* n'a pas un bulbe particulièrement développé, mais possède des feuilles nettement plus larges. Ces différences morphologiques semblent coïncider avec les habitudes alimentaires locales. On ne consomme, en effet habituellement, que le bulbe de l'ail, sauf dans certaines régions de Chine où le sous-groupe *chinense* est présent, et où la préférence va à la consommation des feuilles. De même, en Asie du Sud où les petits bulbes d'ail sont préférés à ceux de grande taille, on ne rencontre que le groupe *sub-tropical*.

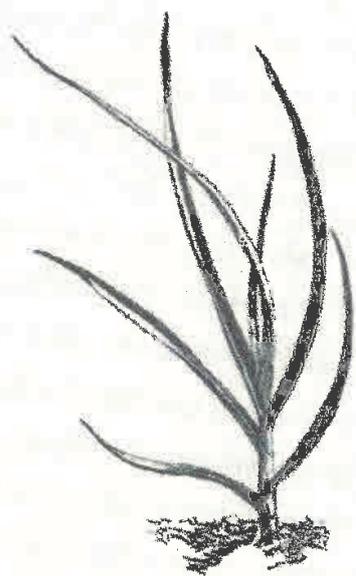


Fig. 2 - Variété sans hampe florale

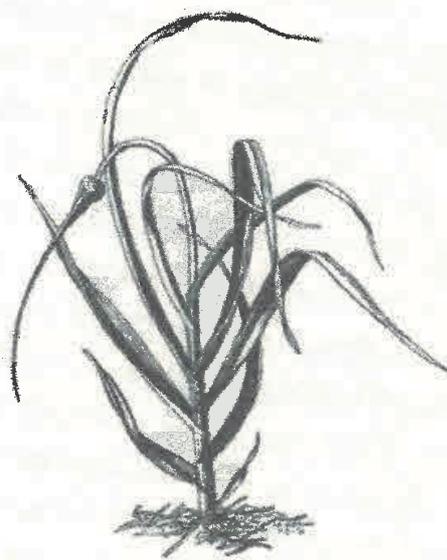


Fig. 3 - Variété avec hampe florale

## ***La théorie de Etoh***

Toutes ces informations, ajoutées à de nombreuses autres beaucoup plus "techniques", ont conduit Etoh à bâtir et exposer une théorie sur les causes de la stérilité de l'ail.

**La migration de l'ail :** À l'origine, l'ail fertile, l'*Allium longicuspis* décrit par Regel, poussait à l'état sauvage dans une partie de l'actuel Kirghizistan et l'extrême sud du Kazakhstan, sur les contreforts des monts du Tien-Shan, à une altitude variant de 400 à 1000 mètres. Le climat y est continental, très chaud l'été avec de longs hivers très froids, le ciel y est très clair et les pluies relativement peu abondantes. Cette région est située sur ce que l'on appellera plus tard la "Route de la Soie", et vit passer tout ce que l'humanité a connu de migrations humaines, d'invasions, de transports de marchandises, de voyageurs, de marchands, d'aventuriers. Très tôt, les populations nomades qui peuplaient cette région, bien avant l'établissement de la Mésopotamie et des premières civilisations connues, avaient su apprécier l'odeur et la saveur de l'ail et découvrir ses propriétés médicinales et antibiotiques, qui permettaient de conserver plus longtemps les viandes et les poissons et de masquer le goût et l'odeur de la nourriture rance ou avariée. De plus, la petite taille des bulbes et leur conservation très aisée, a dû très vite faire de l'ail un compagnon de voyage facile à transporter pour ces populations au bagage vraisemblablement réduit au minimum. On peut donc dire sans beaucoup se tromper, que l'histoire de l'ail débute sans doute avec la préhistoire de l'Homme. On retrouvera l'ail sous forme de moulages ou de sculptures dans des tombes égyptiennes prédynastiques (4). Des restes de bulbes, de taille et de forme modernes, font partie de l'inventaire de la tombe de

Toutankhamon (4, 5). Durant la construction de la pyramide de Chéops, il y a 5700 ans, des ouvriers se sont mis en grève à la suite de la baisse de leur ration d'ail quotidienne. D'anciens manuscrits en Sanscrit, datant de plus de 5000 ans (6), et des textes cunéiformes sumériens et akkadiens datés de 2600 ans av. J.C., font déjà mention de l'ail comme d'une denrée à valeur marchande certaine (7) et on a retrouvé la trace d'une commande de 395 000 boisseaux d'ail passée en faveur des Jardins suspendus de Babylone. L'introduction de l'ail en Asie du sud-est paraît plus récente et ne daterait que de 1 500 ans.

**La domestication de l'ail :** L'ail devint donc rapidement une marchandise appréciée et recherchée, qui allait s'émanciper en quittant son berceau d'origine, accepter sa domestication, et commencer sa migration à travers le monde entier et le conquérir. Mais cette émancipation allait lui coûter cher. Il allait subir la pression des sélections effectuées par l'Homme. Le fait de couper la hampe florale, fournissant ainsi la nourriture nécessaire à la croissance des bulbes, permettait effectivement d'en obtenir de plus gros, et la multiplication végétative devint habituelle, puisque c'était les bulbes que l'on s'échangeait. De plus, ce type de multiplication végétative permet d'assurer une récolte annuelle de nouveaux bulbes, alors que la reproduction sexuée par fleurs et graines exige deux années pour produire une plante sexuellement mature. Par ailleurs, ce type de reproduction répondait bien mieux aux exigences de la vie des populations nomades et à l'absence de cultures fixes et organisées. Enfin, on remarqua vite que, dans une certaine limite, plus le caïeux planté était gros, plus le bulbe récolté l'année suivante l'était aussi, et l'on favorisa ainsi la production de gros bulbes au détriment du reste de la plante, ou l'inverse, dans le cas du sous-groupe *chinense* à grandes feuilles.

Malheureusement, ce mode de reproduction présente un inconvénient de taille. La reproduction végétative exclut totalement les brassages de gènes qui se produisent à chaque génération lors de la reproduction sexuée et qui garantissent la vigueur des descendants en mélangeant les gènes des ascendants. Le patrimoine génétique de la plante s'appauvrit, les effets délétères des mutations génétiques spontanées, qui ne sont plus ni réparées ni compensées, s'accumulent, la plante commence alors à dégénérer en perdant, l'une après l'autre, les capacités de la plante originelle. L'effet le plus visible sur l'ail est la perte de sa faculté à se reproduire sexuellement. C'est ce que Etoh avait vu, en observant des différences entre les chromosomes des clones fertiles et ceux des clones stériles (29, 30).

**Les effets du climat :** Une autre conséquence de la dissémination de l'ail à travers le monde expliquant les différences morphologiques et physiologiques observées sur des aulx originaires des cinq continents, est l'adaptation aux changements de climat que l'ail dut affronter pour survivre loin de son berceau d'origine. Au Kirghizistan, règne un climat continental aux étés très chauds et secs, aux hivers longs et rigoureux, très différent par exemple du climat des régions méditerranéennes, que l'ail rencontrera lors de ses premières migrations vers l'ouest. L'étude des conditions écologiques nécessaires au bon fonctionnement des processus vitaux de l'ail, formation des feuilles, de la hampe florale, des fleurs, de la maturation du pollen montre, qu'évidemment, ces conditions sont parfaitement remplies sur son lieu d'origine, mais sont loin de l'être dans d'autres parties du monde. Un besoin de froid de durée relativement longue est, par exemple, nécessaire à la pousse de la hampe florale. Cette condition n'est pas respectée dans les pays méditerranéens, ce qui explique que le groupe

*sativum* ne possède que très rarement cette hampe florale. En revanche, dans les contrées situées plus au nord et bénéficiant d'hivers plus longs et plus rigoureux, on trouve le groupe *ophioscorodon* pourvu d'une hampe florale. La répartition géographique des différents groupes d'ail concorde parfaitement avec ce que l'on sait des migrations humaines. Depuis son petit berceau d'origine kirghiz, l'ail a migré vers l'ouest en Mésopotamie et de là par le nord, vers la Russie, l'Ukraine et l'Europe du Nord et par le Caucase ou par le sud vers l'Égypte et les rivages de la Méditerranée. À l'est, il a migré par le sud en passant vers l'Inde et toute l'Asie du sud-est ou par le nord, vers la Chine. À chacune de ces grandes régions, correspondent bien un type variétal d'ail et un type de climat.

Voici résumées les raisons pouvant expliquer pourquoi et comment l'ail, plante primitive, sauvage, fertile, à l'habitat limité, en suscitant la convoitise de nos très lointains ancêtres, est devenue une plante moderne, domestiquée, mais stérile pour s'être adaptée aux besoins de l'Homme, connue et consommée dans le monde entier sous toutes ses formes. *Allium longicuspis* de Regel est bien l'ail originel et peut encore être utilisé pour recréer de nouvelles lignées d'ail fertile ; toutes les variétés régionales actuelles descendent de cet ail aux caractères primitifs. Les variétés régionales sont le résultat à la fois de la sélection faite par l'homme pendant des millénaires pour obtenir un ail à sa mesure, et de l'adaptation de l'ail à ces nouvelles contraintes.

Un gros travail reste à faire. La production de l'ail au moyen de graines en est encore à ses tout-débuts, et les parents proches de l'ail ne sont pas encore connus avec certitude. Les travaux s'orientent cette fois vers des plantes originaires de l'est de la Turquie, du nord de l'Iran et du Pakistan, régions malheureusement aujourd'hui peu accessibles aux chercheurs.

Cette histoire finit presque bien, car grâce aux techniques de manipulations génétiques et au pollen des clones d'Asie centrale récoltés par Etoh, on a pu créer une plante hybride entre l'ail et l'oignon (32). Mais cet hybride est stérile ! Du moins, pour le moment...

## **GLOSSAIRE**

- *Caïeux* : chaque élément constitutif du bulbe de l'ail ; de 6 à 15 selon les variétés.
- *Caryotype* : ensemble des chromosomes d'un organisme.
- *Clone* : individu ou population d'individus provenant de la reproduction végétative ou asexuée d'un individu unique.
- *Cultivar* : variété végétale agricole.
- *Reproduction végétative* : reproduction asexuée s'effectuant à partir d'un élément de la plante : feuille, tige, racine ou bulbe, par marcottage, bouturage ou greffage. Dans le cas de l'ail, on replante, en automne, quelques caïeux de l'année en cours, qui redonneront, l'année suivante, de nouveaux bulbes complets.

## **BIBLIOGRAPHIE**

- (1) H.-F. Roberts, *Plant hybridization before Mendel*, Princeton University Press, Princeton, New-Jersey, 1929.
- (2) A.-C. Zeven, & A.-M. Harten, *Broadening of the genetic base of crop*, Pudoc, Wageningen, The Netherlands, 1978.
- (3) G. Kallo, & J.-B. Chowdury, *Distant hybridation of crop plants*, Monographs on Theoretical and Applied Genetics, Springer-Verlag, Berlin, vol. 16, 1992.

- (4) V. Tackhol, & M. Drar, *Flora of Egypt*, Cairo University, 1954, vol. 3, Bull. Fac. Sci. 30 : 86-113.
- (5) R. Germer, Die Pflanzenmaterialien aus der Grab des Tutanchamun, A. Eggebrecht, B. Schmitz, éd. Hildsheimer *Ägyptologische Beiträge*, Pelizaeus-Museum, Hildesheim, 1989, n° 28, 1-94.
- (6) R. Titterington, *Zestful garlic*, The Garden, 1993, 118 : 502-503.
- (7) J. Bottero, "Knoblauch", In Edzard, D.O. éd. *Reallexikon der Assyriologie und vorderasiatischen Archäologie*, 1980, vol. 6, Gruyter, Berlin, pp 39-41.
- (8) J.-I. Prokhanov, *About culinary Allium in China and Japan – a critical literature view*, Bull. Appl. Bot. Genet. Plant Breed. 1930, 24 :124-183.
- (9) Linné, *Species plantarum*, 1753, vol. 1, Ray Society, Londres.
- (10) G. Don, *A monograph of the genus Allium*, An advanced reprint of Memoirs of the Wernerian Natural History Society, 1827, 1 : 1-102.
- (11) E. Regel, *Alliorum adhuc cognitorum monographia*, Acta Horti. St Petersburg, 1875, 3 : 1-266.
- (12) E. Regel, *Allii species Asiae centralis*, Acta Horti. St Petersburg, 1887, 10 : 279-362.
- (13) A. de Candolle, *Origin of cultivated plants*, Hafner, New-York, 1886.
- (14) E.-L. Sturtevant, *Sturtevant's notes on edible plants*, J.-B. Lyon, Albany, New-York, 1919.

- (15) C. Pickering, *Chronological History of plants : Man's records of his own existence illustrated from their names, Uses and companionship*, Little, Brown & Co. Boston, Massachusetts, 1879.
- (16) N.I. Vavilov, The origin, variation, immunity and breeding of cultivated plants, *Chronica Botanica*, 1951, 13 : 1-364.
- (17) A.-A. Kazakova, Most common onions species, their origin and intraspecific classification, *Trudy po Prikladnoi Botanike, Genetike i Seleksii*, 1971, 45-1 : 19-41 (en russe).
- (18) T. Etoh, *Fertility of the garlic clones collected in Soviet central Asia*, J. Japan. Soc. Hort. Sci. 1986, 55 (3) : 312-319.
- (19) C.-M. Messaien & al., *Les Allium alimentaires reproduits par voie végétative*, éd. de l'INRA, 1993.
- (20) M.-R. Pooler & al., Characterization and classification of isozyme and morphological variation in a diverse collection of garlic clones, *Euphytica*, 1993, 68 : 121-130.
- (21) H.-I. Maaß & al., Intraspecific differentiation of garlic by isozyme and RAPD markers, *Theor. Appl. Genet*, 1995, 91 : 89-97.
- (22) J. Lallemand & al., Delimitation of varietal groups in garlic by morphological, physiological and biochemical characters, Proc. Int. Symp. Edible Alliaceae, *Acta Hort*, 1997, 443 : 123-129.
- (23) T. Etoh & al., Seed productivity and germinability of various garlic clones collected in Soviet central Asia, *Mem. Fac. Agr. Kagoshima Univ. (Japan)* vol. 24 : 129-139.
- (24) T. Etoh, True seeds in garlic, Proc. Int. Symp. Edible Alliaceae. *Acta Hort*, 1997, 443 : 247-255.

- (25) M.-R. Pooler & al., «True seed production in garlic». *Sex Plant. Reprod*, 1994, 7 : 282-286.
- (26) J.-H. Hong & T. Etoh, «Fertile garlic clones abundant around the Tien-Shan mountains», *Breeding Science*, 1996, 46 : 349-353.
- (27) T. Etoh, «Studies on the sterility of garlic», *Mem. Fac. Agr. Kagoshima Univ. (Japan)* 1985, vol. 21 : 77-132.
- (28) C. Kik, «Exploitation of wild relatives for the breeding of cultivated *Allium* species», *In Allium Crop Science : Recent advances*. CABI publishing , 2002, 4 : 81-100.
- (29) T. Etoh & al., «Diversity, fertility, and seed production in Garlic», *Allium Crop Science : Recent advances*. CABI publishing, 2002, 5 : 101-117.
- (30) J.-H. Hong, «Fundamental Studies on crossbreeding in garlic», *Thèse PhD*, School of Agr. Sci. Kagoshima Uni (Japan), 1999.
- (31) M.-R. Pooler, «Sexual reproduction in garlic», *Thèse PhD* University of Wisconsin-Madison, USA.
- (32) C. Oshumi & al., «Interspecific hybrid between *Allium cepa* and *Allium sativum*», *Theor. Appl. Genet*, 1992, 85 : 969-975.