

à reculer l'échéance, peut-être indéfiniment. Inversement, si je suis le seul à être optimiste, je ne pourrai pas à moi seul fournir suffisamment de liquidités à la Grèce pour qu'elle surmonte son problème de trésorerie, et elle se verra donc acculée à la faillite. Bref, avoir raison contre tout le monde, c'est avoir tort.

La décote des obligations grecques reflète donc un équilibre entre les opinions des uns et des autres. Dans une série d'articles récents, deux économistes parisiens, Elyes Jouini et Clotilde Napp, ont étudié comment se forme cet équilibre. Ils ont montré que le marché se comporte comme un investisseur dont l'opinion est une moyenne pondérée des opinions individuelles, le poids de chacun étant proportionnel à sa tolérance au risque : les investisseurs qui recherchent les placements risqués (dans un sens ou dans l'autre) influencent le marché beaucoup plus que les pères tranquilles. Pour peu que ces investisseurs soient pessimistes, par exemple que la dette grecque attire des spéculateurs

prêts à parier sur la banqueroute, alors le marché sera pessimiste, en dépit de la présence de bon nombre d'investisseurs optimistes, mais moins disposés à prendre des risques. E. Jouini et C. Napp montrent en outre que le marché est plus impatient que les investisseurs pris individuellement.

En résumé, même si les investisseurs sont froids et calculateurs, et si beaucoup sont prêts à parier sur le long terme, le marché lui-même est un animal peureux, qui ne voit pas plus loin que le bout de son nez. En temps de crise, comme celui que nous vivons, c'est encore bien pire, car le marché commence à avoir peur de son ombre. En effet, dans le modèle de E. Jouini et C. Napp, le marché ne fait que réagir à des événements où il ne prend aucune part ; s'il peut les influencer, la situation change, car les acteurs doivent maintenant s'interroger sur les actions des autres et si possible les anticiper : personne ne veut être le dernier à avoir prêté à la Grèce. Les investisseurs scrutent anxieusement les variations des taux, cherchant à

en tirer des informations sur les intentions des uns et des autres : s'ils baissent, c'est-à-dire si la Grèce peut emprunter plus facilement, c'est un signal rassurant, s'ils montent, c'est inquiétant. Ce décryptage permanent accentue naturellement les mouvements, les cours sont encore plus volatils, bref l'animal devient nerveux.

Une fois qu'il s'est emballé, il est très difficile de le calmer ; quand on le peut, il vaut mieux le tromper. En 1993, une attaque spéculative avait lieu contre le Franc : il s'agissait de lui faire quitter le système monétaire européen, limité à une bande de 2,25 pour cent autour de l'Écu. En trois semaines, la Banque de France épuisait ses réserves pour soutenir le Franc, sans réussir à conjurer le danger. Le gouvernement Balladur trouvait alors la parade : la bande de fluctuation fut temporairement élargie à 15 pour cent, et la spéculation s'arrêta du jour au lendemain. n

Ivar EKELAND est professeur d'économie.

## DÉVELOPPEMENT DURABLE

# Le « charbon vert » est-il vraiment vert ?

*Ce matériau qui piège le carbone doit faire ses preuves.*

Richard ESCADAFAL, Antoine CORNET et Martial BERNOUX

**A** lors que la concentration du dioxyde de carbone augmente dans l'atmosphère, diverses techniques visant à piéger ce gaz sont à l'étude. L'une d'elles consiste à produire et enfouir du biochar (pour *bio-charcoal*), ou charbon vert. Il s'agit d'une forme de charbon végétal, non pas du charbon de bois mais un produit poreux et stable. Incorporé dans les sols, il aurait deux vertus : il piégerait de grandes quantités de carbone durant des centaines d'années, tout en améliorant les propriétés agronomiques des sols.

L'idée est née d'observations effectuées dans les années 1960 sur les *terras pretas* de l'Amazonie centrale. Ces terres noires, bien plus fertiles que la moyenne des sols amazoniens, ont entre 500 et 2 500 ans. Elles résultent de l'accumulation de matière organique mélangée à des résidus de combustion produits par des communautés amérindiennes.

On sait aujourd'hui obtenir un carbone stable comparable à celui des *terras pretas* et incorporable aux sols. Pour ce faire, on brûle des résidus végétaux par pyrolyse, c'est-à-

dire entre 400 et 500 °C, et en quasi-absence d'oxygène. Diverses techniques de pyrolyse produisent des gaz (dioxyde et monoxyde de carbone, hydrogène, méthane), dont certains sont combustibles et réutilisables, et du biochar. Celui-ci a l'avantage de résister à la décomposition. Ainsi, la fabrication et l'utilisation du biochar laisseraient échapper dans l'air beaucoup moins de gaz à effet de serre que des résidus végétaux pourrissant sur le sol ou enfouis.

Avant d'utiliser le biochar à grande échelle, il nous faut lever plusieurs incertitudes.

Les effets bénéfiques observés sur quelques sols pauvres d'Amazonie le sont-ils aussi sur d'autres terres ?

Lorsque la pyrolyse des résidus végétaux est conduite dans une installation bien contrôlée, les expériences réalisées ont confirmé que le bilan est bien « carbone négatif » : le biochar piège plus de carbone que ce qu'aurait permis le processus naturel de décomposition des mêmes matières organiques, et la fraction de dioxyde de carbone et d'autres gaz à effet de serre relâ-

## PRODUIRE DU BIOCHAR risque-t-il de concurrencer les productions alimentaires ?

chée dans l'atmosphère est donc plus faible. Quant au bilan énergétique, il reste à déterminer car l'enfouissement du biochar exige un labourage mécanique qui consomme inévitablement de l'énergie fossile.

Toutefois, ses bilans carbone et énergétique ne valent que si le biochar n'a pas d'effets négatifs sur les sols, ou mieux s'il les améliore. Or il est difficile de déterminer globalement les propriétés agronomiques du biochar. Le produit est en effet un mélange issu de différentes matières premières végétales : ses qualités varient donc.

Des mesures ont confirmé qu'en comparaison de sols enrichis par de la matière organique, des sols contenant du biochar augmentent la diffusion des éléments nutritifs vers les plantes et la biomasse microbienne. Mais ces effets agronomiques varient beaucoup selon les matières premières qui ont été pyrolysées. Au Congrès mondial 2010 de science des sols, qui s'est tenu à Brisbane en août 2010, une vingtaine de communications ont évoqué des effets tant positifs que négatifs, ou non concluants.

Le plus souvent, au début de son utilisation, le biochar améliore les sols pauvres, mais certaines études ont mis en évidence des effets négatifs à plus long terme. Ainsi, certains charbons verts hydrophobes rendent la surface des sols imperméable, favorisant le ruissellement et l'érosion. D'autres nuisent aux populations de vers de terre. Par ailleurs, plusieurs équipes de recherche s'inquiètent

des éventuels effets biologiques du biochar incorporé dans les sols. En effet, la pyrolyse produit des composés aromatiques volatils, dont certains seraient toxiques **et seraient piégés dans le charbon vert** ? Par manque d'expérimentations à long terme, on ignore la destinée de ces résidus toxiques dans les sols, et leur impact biologique.

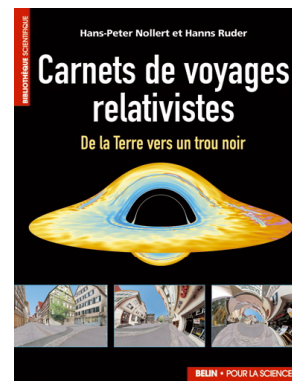
Une autre question a trait aux effets concurrentiels du biochar. Les régions sèches, aux sols souvent pauvres, sont celles qui en auraient le plus besoin. Cependant, fabriquer sur place du biochar impliquera it de cultiver des plantes dédiées à la production de biomasse, ce qui concurrencerait les cultures alimentaires, ou bien d'utiliser les résidus des récoltes. Or, ces derniers sont souvent utilisés pour nourrir le bétail. De plus, là où la fertilité des sols a baissé, les agronomes proposent d'enfouir les résidus végétaux, fumiers et composts pour stimuler la vie biologique des sols ; produire du biochar risquera it de concurrencer cette pratique.

On pourrait certes imaginer que les régions excédentaires en résidus verts (pailles de riz, bagasses de canne à sucre, tiges de maïs, etc.) produisent le biochar. Mais il faudrait alors le transporter jusqu'aux zones utilisatrices. En sus du processus de fabrication lui-même, les bilans carbone et énergétique tenant compte de la collecte, du conditionnement, du transport et de la distribution seraient-ils en core positifs ?

Selon nous, le biochar n'est sans doute pas la solution que certains ont cru voir, mais un des moyens qui, bien utilisés, peuvent contribuer à une gestion durable des terres et de l'environnement, tout en assurant une amélioration de la production agricole. Des recherches de terrain sont en core indispensables pour s'en assurer.

*Richard ESCADAFAL, Antoine CORNET et Martial BERNOUX sont chercheurs à l'IRD et membres du Comité scientifique français de la désertification ([www.csf-desertification.org](http://www.csf-desertification.org))*

*F.G. A. Verheijen et al., Biochar application to soils - A critical scientific review of effects on soil properties, processes and functions, Office of the Official Publications of the European Communities, Luxembourg, 149 pp., 2010.*



### Carnets de voyages relativistes

De la Terre vers un trou noir  
Hans-Peter Nollert et Hanns Ruder  
(112 pages, 20 euros)

Comment verrait-on le monde si l'on voyageait à la vitesse de la lumière ? Que se passe-t-il quand on s'approche d'un trou noir ? Ce livre vous entraîne dans un voyage surprenant : au lieu d'expliquer la relativité, les auteurs la « montrent ». Un voyage inoubliable !



### Au pays des paradoxes

Jean-Paul Delahaye  
(192 pages, 24 euros)

Un paradoxe est une provocation, qui oblige à revoir ses habitudes de pensée. Jean-Paul Delahaye propose 50 paradoxes, 50 défis à l'esprit. À vous de les résoudre ! Bien sûr, l'auteur vous donne la solution – souvent très simple !