



© Shutterstock/Noam Armonn

SYSTÈME D'IRRIGATION au goutte-à-goutte dans le désert africain.

✓ SUR LE WEB

Six autres cartes de données mondiales sur lesquelles la présente étude est fondée : [ScientificAmerican.com/2011/foley](http://www.inra.fr/l_institut/prospective/prospectives_menees/agrimonde)

Synthèses et vidéos sur le rapport Agrimonde : http://www.inra.fr/l_institut/prospective/prospectives_menees/agrimonde

Dans les pays plus pauvres, les pertes sont du même ordre de grandeur, mais ont lieu chez le producteur (pertes de récoltes, de stocks ruinés par des nuisibles ou d'aliments jamais livrés en raison d'infrastructures et de marchés déficients). De meilleurs systèmes d'entreposage, de réfrigération et de distribution réduisent ces déchets de façon appréciable. De meilleurs outils de commercialisation permettent aussi de mettre en relation les producteurs et les « clients », tels ces systèmes de téléphonie mobile qui, en Afrique, assurent la liaison entre fournisseurs, commerçants et acheteurs.

Bien qu'il ne soit pas réaliste d'envisager une suppression totale des déchets de la ferme à la table, des efforts ciblés, notamment pour réduire les déchets des aliments les plus consommateurs de ressources, comme la viande et les produits laitiers, pourraient faire une grande différence.

Notre stratégie en cinq points devrait permettre de faire face à de nombreux défis de sécurité alimentaire et environnementaux. Ensemble, les différentes mesures pourraient augmenter la disponibilité de nourriture à l'échelle mondiale de 100 à 180 pour cent, tout en diminuant considérablement les émissions de gaz à effet de serre, les pertes de biodiversité, l'utilisation de l'eau et sa pollution. Il est important que ces cinq points (et peut-être plus) soient mis en œuvre ensemble. Seule, aucune stratégie n'est suffisante.

Pour configurer ce nouveau système agricole responsable, prenons les meilleures idées de la révolution verte et de l'agriculture à l'échelle industrielle, d'une part, et de la culture biologique et des systèmes alimentaires locaux, d'autre part. Ce nouveau système pourrait consister en un réseau de systèmes agricoles locaux, propres au climat, aux ressources en eau, aux écosystèmes et à la culture de chaque région, reliés par des moyens efficaces de commerce international et de transport. Un tel système pourrait être pérenne et permettre aux agriculteurs de gagner leur vie.

Vers un système alimentaire en réseau

Un des dispositifs de soutien de ce nouveau système alimentaire pourrait être l'équivalent du programme LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*), système nord-américain de standardisation pour la construction de bâtiments à haute qualité environnementale. Ce programme attribue des niveaux de certification aux bâtiments en fonction des options vertes intégrées : énergie solaire, éclairage économique, matériaux de construction recyclés, chantiers limitant les déchets de construction... De même, pour une agriculture durable, des points pourraient être attribués aux aliments en fonction de leur valeur nutritionnelle, de la sécurité alimentaire et d'autres bénéfices pour le public, ainsi que de leurs coûts environnementaux et sociaux. Cette certification donnerait des informations plus précises que les labels alimentaires actuels, tels «local» ou «biologique», qui n'apprennent en réalité pas grand-chose sur ce que nous mangeons. Le consommateur aurait ainsi une idée des performances globales de ses aliments, au travers de dimensions nutritionnelles, sociales et environnementales, et pourrait évaluer les coûts et bénéfices de différentes méthodes agricoles.

Les principes et pratiques de nos différents systèmes agricoles (commerciaux de grande échelle, locaux et biologiques) fournissent les fondements pour répondre aux besoins de sécurité alimentaire et environnementaux du monde. Nourrir durablement neuf milliards de personnes sera l'un des plus grands défis de notre civilisation. La façon dont nous le relèverons déterminera son sort. ■

Rendez-vous sur www.pourlascience.fr

- Retrouvez gratuitement les actualités scientifiques quotidiennes.
- Recevez nos lettres d'information et réagissez aux articles en vous inscrivant sur www.pourlascience.fr/newsletters.php.
- Recherchez et commandez les archives parues depuis 2004 de *Pour la Science* et des *Dossiers Pour la Science*.
- Accédez aux numéros numériques compris dans votre abonnement en créant votre compte.
- Suivez notre actualité en direct



<http://www.pourlascience.fr/rss>



<http://twitter.com/pourlascience>



<http://www.pourlascience.fr/pls-facebook>



À très bientôt sur www.pourlascience.fr !

POUR LA
SCIENCE.fr

Le site de référence de l'actualité scientifique internationale

Des ions

L'hadronthérapie détruit des tumeurs avec des ions – carbone ou protons. La méthode présente des avantages par rapport à la radiothérapie classique, et de nouvelles améliorations en augmentent encore la fiabilité.

Le cancer – tous types confondus – touche plus de 300 000 personnes chaque année en France. Pour les traiter, il faut détruire les cellules tumorales, mais aussi, autant que faire se peut, épargner les cellules saines. On dispose de trois méthodes essentielles : la chirurgie, la chimiothérapie et la radiothérapie (externe ou interne). La chirurgie consiste à extraire la tumeur, la chimiothérapie à administrer par voie générale des médicaments qui sont toxiques pour les cellules tumorales et la radiothérapie à utiliser un rayonnement ionisant pour assurer la destruction. La radiothérapie est la plus utilisée de ces trois méthodes, puisqu'elle concerne environ 60 pour cent des personnes atteintes d'un cancer, soit quelque 180 000 personnes traitées chaque année en France. Ces dernières reçoivent près de quatre millions de séances de radiothérapie réalisées dans 172 centres, et souvent combinées à une autre méthode, chimiothérapie ou chirurgie. La radiothérapie contribue à la guérison de 40 pour cent des malades, et permet d'éviter l'ablation de l'organe atteint qu'il s'agisse d'un sein, d'un œil, du larynx, du canal anal ou d'un membre, etc.

La radiothérapie est d'autant plus efficace que la dose, c'est-à-dire l'énergie par unité de masse, délivrée à l'endroit de la tumeur est élevée. Toutefois, si le rayonnement utilisé détruit les cellules tumorales, il risque de léser également les tissus et

Cédric RAY

L'ESSENTIEL

✓ La radiothérapie est la technique la plus fréquemment employée pour traiter un cancer, mais elle est parfois inutilisable.

✓ Dans l'hadronthérapie, des protons ou des ions carbone remplacent les photons X de la radiothérapie classique.

✓ Les ions délivrent le maximum de la dose au pic de Bragg que l'on fait coïncider avec la position de la tumeur.

✓ En détectant les photons ou les protons secondaires émis lors du traitement, on pourrait améliorer, en temps réel, le ciblage de la tumeur.

© Shutterstock/Andrea Danti

les organes sains qui entourent la tumeur, et de provoquer des cancers secondaires. Ainsi la radiothérapie classique, qui utilise essentiellement des rayons X, atteint ses limites cliniques lorsque la tumeur est trop proche d'un organe dit à risque, c'est-à-dire dont la fonction est essentielle et qui est très sensible aux rayonnements, ou lorsque les tissus cancéreux sont moins sensibles aux rayons X que les tissus sains (après l'action naturelle des mécanismes de réparation cellulaires, les tissus sains se retrouvent plus endommagés que les tissus tumoraux). Les limitations de la radiothérapie par rayons X pourraient-elles être dépassées avec d'autres « projectiles » ? Le physicien américain Robert Wilson proposa dès 1946 de remplacer les rayons X par des faisceaux d'ions rapides. Il pensait améliorer la balistique de la méthode (le ciblage de la zone visée), et atteindre ainsi certaines tumeurs résistant aux rayons X.

Aujourd'hui, plus de 60 ans après cette première expérience, on sait détruire des tumeurs à l'aide d'ions accélérés. Cette technique – l'hadronthérapie – est déjà utilisée en clinique dans plusieurs centres de cancérologie soit avec des ions carbone au Japon et en Allemagne (et bientôt en Italie), soit avec des protons dans un plus grand nombre de pays dont les États-Unis et la France. Après avoir rappelé son principe et l'intérêt d'utiliser des ions plutôt que des photons, nous examinerons les spécificités de l'hadronthérapie.