

L'agriculture, entre réalités de demain et visions du futur

Des tracteurs modulaires ou faisant de la récolte sélective, du sucre utilisé pour protéger les plantes, des serres recueillant la chaleur de l'été pour la restituer l'hiver, des gigantesques fermes verticales de 150 mètres de haut... des visions futuristes de l'agriculture se conçoivent dès aujourd'hui. En ce début de deuxième décennie du XXI^e siècle, voici un dossier sur différents aspects que l'agriculture, demain, pourrait revêtir : certains sont réalistes, proches d'une application, d'autres peuvent être considérés comme dignes de romans d'anticipation. Mais de tous ces avatars sortiront sans doute des techniques utiles. Et puis, l'évolution la plus notable sera peut-être celle de l'agriculteur lui-même. Demain, l'exploitation agricole ne sera probablement plus gérée par un seul homme maîtrisant tout, du capital à la technique en passant par la commercialisation. Elle sera « flexible », l'exploitant développant des alliances avec ses voisins ou des prestataires pour s'assurer les meilleures compétences et donc améliorer sa compétitivité. C'est ce qu'envisage Jean-Marie Séronie, directeur général du CER France Manche et responsable de la veille économique du réseau CER France. Interview...

Agra Presse hebdo : La société demande aujourd'hui à l'agriculteur de multiplier ses compétences : il doit être fin agronome, gestionnaire de marché, commerçant... Comment peut-il, selon vous, concilier tous ces savoir-faire ?

Jean-Marie Séronie : Effectivement, le métier d'agriculteur se complexifie. L'exploitant doit être de plus en plus compétitif car la libéralisation des marchés accentue la concurrence et il doit aussi répondre aux préoccupations environnementales ou sanitaires grandissantes de la société. Il est beaucoup plus difficile, par exemple, de conduire des hectares de cultures quand l'objectif final est de tendre vers zéro phytos car les systèmes de rotation, les peuplements végétaux sont beaucoup plus complexes. Cela suppose un savoir-faire précis. Un agriculteur ne peut pas avoir toutes ces compétences, tous ces goûts, toutes ces passions. Il doit donc faire des choix. Ce qui passe, selon nous, par un système d'alliances. Il devra se spécialiser et s'associer. Un exploitant pourra ainsi se concentrer sur la commercialisation de ses pommes de terre en SARL s'il aime ça, tout en confiant la gestion de son assolement en commun à ses associés.

Les alliances vont-elles toucher toutes les dimensions de l'exploitation ? Comment voyez-vous leur mise en place ?

Nous vivons toujours aujourd'hui sous le « deal » établi dans les années 60 par Michel Debatisse et Edgard Pisani, qui consiste à considérer l'exploitation familiale comme une conjonction entre un homme, sa famille, un capital et du foncier. Cette vision est, selon nous, dépassée. Il faut passer de l'exploitation familiale à l'exploitation flexible. Aujourd'hui, il nous semble qu'il doit exister trois projets sur une ferme : patrimonial, technique et entrepreneurial, le tout restant dans une forte dimension familiale. Le premier vise le long terme et concerne tant la propriété foncière que la préservation de l'environnement ou la biodiversité. Le second concerne la gestion à court terme des aspects agronomiques et techniques, le fait de produire des biens ou des services. Le troisième comprend la dimension économique de l'entreprise, son développement, la gestion des contrats. C'est autour de chacun de ces axes que doivent s'organiser les alliances. Car ces trois projets ne sont pas forcément confondus au même moment sur une même personne. Demain, l'agriculteur pourra faire partie de plusieurs projets techniques ou avoir de plus en plus recours à des services extérieurs. Ce n'est pas parce qu'il aura des alliances qu'il ne sera pas maître de son destin. Il devra également capitaliser beaucoup moins. Là non plus, ce n'est pas parce qu'il ne possédera pas tous les capitaux qu'il ne sera plus propriétaire de son entreprise. Il faudra qu'il apprenne à négocier.

Concrètement, comment l'agriculteur va-t-il pouvoir s'y prendre pour capitaliser moins ?

Il faut qu'il améliore la rotation de son capital, qu'il l'amortisse le plus vite possible pour pouvoir être en capacité de s'adapter. Cela signifie par exemple utiliser un tracteur sur des surfaces plus grandes. Aujourd'hui, on a, à l'inverse, tendance à investir de plus en plus sur un matériel qui sert de moins en moins longtemps. Une salle de traite rotative dans un élevage français performant ne tourne qu'une heure le matin et une heure le soir. Mais dans certains systèmes, en Espagne, au Danemark ou dans certains pays de l'Est, elle tourne 23h sur 24, avec une heure de maintenance. Il y a une réflexion à mener dans les zones françaises à forte densité laitière. Demain, il deviendra nécessaire de se poser la question de savoir où il est possible de faire de la flexibilité.

C'est un vrai changement de mentalité que vous proposez ! Les agriculteurs vous paraissent-ils prêts ?

S'il nous semble absolument nécessaire que l'agriculteur capitalise moins, nous sentons effectivement des freins importants à cette idée. Par exemple, un agriculteur vit encore comme une sécurité le fait d'être propriétaire foncier, que ce soit par rapport à sa retraite ou à son outil de travail. Mais ce n'est pas le cas partout en Europe. Au Danemark ou aux Pays-Bas, les agriculteurs ne remboursent jamais leurs prêts. Ils transmettent leurs exploitations avec des dettes. Les capitaux sont donc pour partie bancaires. Et dès lors que l'entreprise n'a plus de capital à rembourser, cela lui permet de dégager une rémunération pour ses actionnaires. On peut ainsi envisager que le capital familial soit rémunéré. La banque semble de son côté vouloir repartir dans une logique de GFA d'investissement. On peut aussi envisager des avantages fiscaux associés à des fonds de placement soutenant les projets d'agriculture durable, par exemple. Des fonds de proximité ont aussi été envisagés en Bretagne. Le prix de la terre étant reparti à la hausse, les Safer enregistrent de leur côté des demandes de gens prêts à investir dans du foncier.

Quels autres réflexes de gestion l'agriculteur va-t-il devoir faire évoluer ?

Sur le plan économique, les agriculteurs vont devoir s'adapter à la variabilité. Beaucoup sont spéculateurs au fond d'eux-mêmes. Nous leur disons aujourd'hui de se définir une stratégie commerciale et de s'y tenir. En matière de prévision de gestion, il faudra raisonner en « prix pivot ». Celui-ci doit donner une visibilité à trois ou quatre ans, sachant que des variations de 15 à 20 % pourront exister autour. Dans la phase basse du marché, la production pourra ne pas être rentable. Donc, dans la phase haute, l'agriculteur ne devra pas tout investir. Ce qui renvoie à la vision du métier. L'agriculteur devra également connaître son prix d'équilibre pour savoir comment commercialiser. Et il devra adapter sa production. En lait, il y a des moments où l'éleveur n'a pas intérêt à pousser l'alimentation de ses vaches parce que de toute façon, il ne peut pas valoriser correctement les volumes produits ni leur qualité. Il doit se laisser une marge de manœuvre. Celle-ci passe aussi par la gestion du renouvellement du troupeau. S'il a des génisses en réserve, il peut augmenter sa production. Il va falloir qu'il raisonne en coût marginal. Autre réflexe à modifier : la rentabilité d'une parcelle devra se raisonner à la rotation et non plus à l'année. Car avec l'agriculture de conservation écologiquement intensive, les associations végétales seront plus complexes. Toutes les cultures ne seront pas forcément rentables individuellement. Quels sont les instruments de gestion des risques sur lesquels l'exploitant devra s'appuyer ?

Première chose, l'exigence de compétitivité va pousser l'agriculteur à se spécialiser davantage donc à prendre plus de risques. D'où l'importance pour lui de diversifier ses activités par des alliances. Il faudra également qu'il gère différemment sa trésorerie et garde continuellement du cash. Ce qu'il n'a culturellement pas l'habitude de faire. Ensuite, le portefeuille de contrats sera essentiel et devra être négocié. Les systèmes assurantiels seront également importants... Avec tout de même le problème de la réassurance en haut de la pyramide. Il va également falloir moderniser les mécanismes fiscaux et sociaux vers une logique davantage entrepreneuriale. La logique fiscale et sociale actuelle, avec un mécanisme d'écrêtement, n'est pas favorable à une gestion de forte volatilité des prix. Il en va de même des différents mécanismes de provisions. Autrement dit, ces nouveaux contextes doivent

conduire à une nouvelle organisation des exploitations et à un nouvel accompagnement public. Les modes de financements, le droit, la réglementation, la fiscalité, le conseil mais aussi la recherche doivent évoluer de telle manière que l'agriculteur, très appuyé par la puissance publique, puisse passer à une gestion privée de ses risques techniques, économiques et commerciaux.

PROPOS RECUEILLIS PAR VALERIE NOËL

Le retour à l'agronomie ou la nouvelle révolution agricole

Le « retour » de l'agronomie est une expression à la mode. Pourquoi parler de retour de l'agronomie ? Aurait-elle fini par quitter les agriculteurs ? Peut-être pas complètement même si certains syndicalistes estiment qu'« avec les facilités données par la chimie nous avons trop délaissé, voire même martyrisé, l'agronomie ». Tels sont les propos de François Lucas, président de la Coordination rurale. Force est de constater qu'avec la flambée des coûts de l'énergie et des intrants que les agriculteurs ont subis ainsi que le durcissement des normes environnementales, le raisonnement agronomique revient en force. Même la politique s'en est mêlée de manière récente. « Remettre l'agronomie au centre de l'agriculture » a été l'un des enjeux défendus par l'ancien ministre de l'Agriculture Michel Barnier. L'objectif est « de remettre le savoir et l'innovation agronomiques au cœur même des pratiques agricoles ». Revenir au basique en quelque sorte après avoir connu l'euphorie de la modernisation des techniques agricoles initiée dans les années 50.

Nostalgie contre modernisme C'est le propos du documentaire Le temps des grâces de Dominique Marchais dont la sortie nationale est prévue le 10 février, qui présente un regard engagé sur l'agriculture et le rôle des agriculteurs. On n'est pas loin de la nostalgie des acquis perdus notamment en termes de savoir-faire. On peut ainsi se demander si une partie des compétences initiales des producteurs ne s'est pas transférée dans des outils (matériel et intrants) au détriment des compétences agronomiques. Dans l'Herbe documentaire sorti l'an passé, un éleveur évoquait son système d'exploitation laitière à l'herbe comme « presque une religion » face aux maïs ensilage qui est « une sécurité ». « L'anomalie dans l'histoire multimillénaire de l'agriculture est la scission entre deux agricultures différentes, devenues parallèles destinées à ne jamais se rejoindre » conclut François Lucas. Sauf volonté politique doublée d'un intérêt économique. SB

Quand les biotechnologies s'allient à l'agronomie

OGM contre sélection accélérée ? Aucune de ces deux techniques d'amélioration des plantes ne devrait supplanter l'autre. Par contre, les plantes des décennies à venir devraient être améliorées les unes par rapport aux autres pour s'intégrer au mieux dans une rotation type. Cette alliance des biotechnologies et de l'agronomie pourrait répondre aux défis du siècle : réchauffement climatique, sécurité alimentaire et environnement.

La crise alimentaire, le réchauffement climatique, le manque d'eau et le Grenelle de l'environnement ont remis l'amélioration des plantes au centre des préoccupations de la recherche agronomique pour les décennies à venir. Traditionnellement les plantes étaient améliorées pour leur rendement et la qualité de la production. Désormais d'autres critères venus du domaine de l'environnement vont s'ajouter : rusticité, tolérance aux stress et résistance à des agresseurs, en lien avec une diminution des intrants. « On s'aperçoit que les rendements du blé stagnent depuis quelques années. Une des questions est donc : a-t-on amélioré les bons caractères ? », souligne François Houllier, directeur scientifique de l'Inra « plantes et produits du végétal ».

Développer des systèmes

« L'amélioration génétique des plantes ne sera pas la solution miracle pour la résistance aux maladies et aux ravageurs, estime le chercheur. Il y aura toujours des bio-agresseurs pour contourner les résistances. Je pense que nous allons de plus en plus avoir tendance à créer des variétés adaptées aux systèmes de culture et de production dans lesquels elles seront cultivées ». Le défi pour la recherche dans les années à venir est donc d'imaginer des idéotypes pour des systèmes de cultures. C'est-à-dire de mettre au point des jeux de variétés adaptées à des rotations précises de culture. Quelle variété de colza pour succéder à quelle variété de pois dans tel environnement ? Il

n'y aura donc pas de solution « tout génétique » à l'avenir. Pour François Houllier, « on ne peut, de toute manière, pas imaginer un paysage très homogène planté avec une variété résistante unique. À long terme et à grande échelle, ça ne marche pas ! Il faut penser de manière systémique. Même si on est intéressé par le blé ou le colza, il faut donc aussi améliorer le pois qui entre dans la rotation ». Un nouvel objectif de sélection s'invite également : la production de bioproduits. On a toujours utilisé les plantes pour des usages non alimentaires, mais on ne les a pas encore réellement améliorées pour cela. Cela va devenir un objectif. « Même si pour le moment la bioraffinerie a pris de l'avance dans l'amélioration de ces technologies pour s'adapter aux espèces et variétés actuellement cultivées », constate le directeur scientifique de l'Inra.

Multiplication des techniques de sélection

Les critères changent et les techniques aussi évoluent. La transgénèse est utilisée aujourd'hui pour produire les OGM en introduisant artificiellement dans le génome d'une plante (ou d'un animal) un fragment d'ADN étranger afin d'ajouter un nouveau caractère à la plante (résistance à un parasite par exemple). Mais de nouvelles techniques voient le jour. Notamment, la sélection assistée par marqueurs qui permet de repérer dès le plus jeune âge de la plante l'expression d'un caractère, grâce à une connaissance fine du génome des plantes cultivées. Cette méthode repose sur le principe de la sélection végétale classique telle qu'elle est pratiquée depuis longtemps mais en accélère considérablement la mise en œuvre. « Ces deux techniques cohabitent déjà et vont continuer à se développer », indique François Houllier. « Il n'est pas facile de savoir quelle sera la voie la plus pertinente mais on peut imaginer que la sélection assistée par marqueurs puisse avoir une meilleure efficacité pour améliorer des caractères complexes comme la tolérance à la sécheresse. Par contre pour ce qui est de mécanismes déterminés par un seul gène, la transgénèse semble mieux adaptée ». Une technique ne devrait pas en supplanter une autre. Chacune aura sa place en fonction des objectifs mais aussi de leur acceptation par le grand public.

Encore du travail pour la recherche

Des recherches très récentes utilisant des nucléases (enzymes qui coupent l'ADN à un endroit précis) ont montré qu'il était possible d'insérer un transgène à un endroit précis du génome du maïs. Même si aujourd'hui elle n'est pas encore opérationnelle à grande échelle, une telle technique pourrait permettre de répondre à l'une des critiques faites aux OGM qui est l'insertion aléatoire d'un nombre indéterminé de copies du transgène dans le génome. Elle pourrait donc, non seulement, grandement améliorer l'efficacité de la transgénèse - pour la création de nouveaux OGM - telle qu'elle est pratiquée à ce jour, mais aussi permettre le transfert de gènes d'intérêt naturellement présents chez d'autres plantes ce qui est aujourd'hui très compliqué. Les recherches sur la manipulation des gènes avancent à grands pas mais la détermination des caractères effectivement exprimés par la plante (phénotypage) devient un facteur limitant.

« Nous avançons très vite dans le génotypage (carte d'identité génétique d'une plante) à haut débit mais nous progressons moins vite dans le phénotypage, c'est un secteur d'avenir pour la recherche », prévoit François Houllier. Et plus dur encore sera la détermination, au champ et pas seulement en serre, des performances d'un grand nombre de génotypes sous changement climatique (augmentation de la teneur en CO₂ de l'air, de la température, du stress hydrique...).

Recherche : la sélection animale de demain sera écologique, économique et sociale

Etudier les modalités de choix de nouveaux critères et objectifs de sélection animale, tel est le but du projet Cosadd (Critères et objectifs de sélection animale pour un développement durable) dont les résultats ont été révélés fin 2009. Des recherches qui ont mobilisé généticiens, zootechniciens et chercheurs en sciences humaines et sociales de l'Inra, d'AgroParisTech, de l'Ifremer, ainsi que de l'Institut de l'élevage, l'Institut du porc, et l'Institut technique de l'Aviculture. Elaborés à partir d'entretiens avec des acteurs des filières bovine, porcine et avicole, de la distribution, de la restauration collective, des associations de consommateurs et des citoyens, les résultats montrent que les futurs objectifs de sélection sont économiques et sociétaux. « L'économie reste une

priorité pour les acteurs de la filière, explique Anne Charlotte Dockès de l'Institut de l'élevage, mais tous les acteurs se retrouvent sur des objectifs sociétaux à savoir la résistance aux maladies, la résilience, la robustesse, les qualités nutritionnelles, l'environnement et le bien-être animal (docilité, résistance au stress, non agressivité, castration, écornage etc.). » A partir de ces objectifs, deux nouveaux critères de sélection vont être mis au point : la réduction du stress animal et la limitation des rejets dus aux déjections. « La prise en compte récente du développement durable par la sélection, note Martin Rémondet, sociologue à l'Inra, passe par l'intégration de la valeur monétaire de biens non-marchands. » (EG)

Du sucre, de l'argile ou des champignons au service des plantes

Les recherches progressent sur les méthodes alternatives aux produits chimiques de synthèse pour soigner les cultures. Avec des produits parfois surprenants : du sucre ou de l'argile pour lutter contre les parasites, des extraits de plantes contre les moisissures, des champignons symbiotiques qui remplacent les engrais en puisant des nutriments dans le sol et les redistribuant aux racines des plantes. Ce ne sont là que quelques-unes des nouvelles pistes qui s'ouvrent. Cependant, pour aller au-delà de l'expérimentation, la législation devra faire une place à ces produits.

Sous le titre Des plantes pour soigner les plantes, l'Institut technique de l'agriculture biologique (Itab) a présenté les résultats d'expérimentations réalisées avec des extraits de prêle et de saule pour lutter contre les maladies fongiques, lors des journées techniques « viticulture biologique » les 25 et 26 novembre 2009 à Montbazillac (Dordogne). Une pré-étude a permis de « montrer la présence de composés naturels bioactifs » dans les préparations réalisées à partir de ces végétaux.

Dans la prêle, « l'acide chicorique (famille des acides caféiques) et la quercétine-3-O-glucoside augmentent la résistance à la pourriture grise, maladie cryptogamique due au champignon *Botrytis cinerea* », note le Dr Cédric Bertrand, du laboratoire de chimie des biomolécules et de l'environnement de l'Université de Perpignan.

Dans le saule, « l'acide salicylique est impliqué dans les mécanismes de résistance aux agents pathogènes ; il participe au processus de résistance systémique acquise. L'apport extérieur d'acide salicylique pourrait aussi stimuler les défenses de la plante », selon l'Itab. Un problème reste à résoudre : le manque de stabilité dans le temps des préparations. D'autre part, « les revendications sont basées sur des mécanismes qui restent inconnus (...) et doivent être rigoureusement démontrés afin d'optimiser l'élaboration et l'utilisation de ces préparations naturelles », poursuit Cédric Bertrand.

Un signal « sucre » pour prévenir arbres et légumes

La pulvérisation de sucres (fructose et saccharose) à très faibles doses protège les arbres et légumes contre bien des agressions. C'est ce que montrent les travaux de Sylvie Derridj (Inra de Versailles) exposés les 8 et 9 décembre à Paris, lors des journées techniques nationales consacrées aux fruits et légumes bio.

« La pulvérisation foliaire de sucres en infra-doses (de l'ordre d'1 à 10 g /100 L) sur des plantes fruitières et légumières induit des résistances systémiques vis-à-vis de différents phyto-agresseurs. Ces résistances se manifestent à la surface et dans les feuilles ainsi que dans les racines, respectivement vis à vis d'insectes, d'un champignon pathogène et d'un nématode », selon les travaux de l'Inra.

« Sur quatre ans et dans différentes situations géographiques, des études expérimentales sur pommiers en vergers et en jardins, ont confirmé l'intérêt des applications de sucres seuls ou en association avec divers insecticides (chimiques ou biologiques) contre le carpocapse, un insecte ravageur des fruits à pépins ou à noyaux. Le saccharose ou le fructose appliqué à des concentrations de 1 ou 10 g/100 L réduisent significativement les dégâts, d'environ 40% », a expliqué Sylvie Derridj. « Le saccharose seul à 10 ou 100 ppm peut réduire jusqu'à 63% les dégâts dus au carpocapse en verger », a poursuivi la chercheuse.

Le signal donné par le sucre « induit des mécanismes qui protègent la plante avant d'être attaquée », dans un délai qui va de quelques minutes à quelques heures. Ces derniers ne sont pas élucidés et sont en cours d'étude (proposition projet européen 7e plan). La conclusion de l'Inra est que les sucres présentent un réel intérêt pour réduire les usages d'intrants.

L'argile contre les insectes

Le Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes (CTIFL) a, lui, testé l'utilisation de kaolinite, une forme d'argile, pour lutter contre le puceron vert du pêcher, *Myzus persicae* sulz. Ce puceron peut compromettre la récolte mais également endommager la charpente de l'arbre, voire provoquer sa mort. De plus, il est l'un des vecteurs du virus de la Sharka. Il est très difficile à combattre car il est devenu résistant à plusieurs familles d'insecticides comme les organophosphorés, les carbamates, les pyréthinoïdes.

« L'argile peut être positionnée soit à la chute des feuilles pour contrarier les pontes, soit au printemps pour empêcher l'installation des fondatrices. L'argile positionnée en automne permet de réduire de 50% les pontes des œufs d'hiver », note le CTIFL. Le Surround (produit commerciale utilisé dans l'essai) appliqué seul à l'automne ne suffit pas à limiter les foyers de pucerons au printemps mais il peut être associé à l'application d'huiles minérales en hiver, en agriculture raisonnée. Pulvériser une fine couche d'argile aurait une action sur les pucerons « d'une part par la vision répulsive de la couleur blanche des arbres, d'autre part par une action mécanique, empêchant les pucerons de se poser et/ou de se déplacer sur le végétal », selon l'étude. Cependant, aucune argile n'est autorisée ni en France ni en Europe en usage phytopharmaceutique. Et en dépit des résultats obtenus, l'utilisation du Surround, homologué pour lutter contre la psylle du poirier, est pour l'instant totalement exclue sur tout autre ravageur, conclut le CTIFL.

Des mycorhizes comme engrais

95% des plantes, cultivées et sauvages confondues, bénéficient d'une association avec des champignons du sol en formant des mycorhizes (symbiose entre des champignons et des racines de plantes). Le mycelium des champignons puise sur une très large surface du sol des éléments nutritifs qu'il ramène à la racine de la plante, élargissant ainsi son rayon de prospection. On observe de meilleurs rendements chez les plantes mycorhizées.

« Nous estimons que les engrais minéraux pourraient être réduits d'un tiers à un quart selon les types de sols et la nature des cultures si la mycorhization était pleinement valorisée », explique Silvio Gianinazzi, directeur de l'unité Plante-Microbe-Environnement à l'Inra de Dijon. L'expérimentation a déjà débouché sur des applications.

« Il y a déjà des applications en Chine et en Inde en grande culture et surtout dans les autres pays européens. En France, environ 15 entreprises utilisent des mycorhizes, pour la forêt et l'horticulture essentiellement », poursuit Silvio Gianinazzi. Là encore, la législation fait obstacle : « Pour homologuer une molécule chimique ou un champignon, il n'y a pas de différence. Les études sont très coûteuses. La législation est inappropriée », regrette Silvio Gianinazzi. Guy Paillotin, président du groupe Ecophyto 2018, s'en est pris lui aussi le 2 avril lors d'un colloque sur l'intensification écologique, aux rigidités administratives.

« Notre système (d'homologation) est ciblé sur les performances et l'efficacité des produits. Ce qui fait que tous les autres produits, tels les stimulateurs de défense des plantes, sont pénalisés en France et en Europe », dénonçait-il en jugeant totalement inadapté le processus d'homologation. Aucune technique alternative ne verra le jour, selon lui, tant que la législation n'aura pas évolué.

Quand la ferme se fait verticale

Il suffisait d'y penser : à l'heure où des inquiétudes se font jour sur le manque de terres agricoles pour nourrir le monde, des architectes audacieux imaginent des fermes verticales. Si l'horizontale ne suffit pas, pourquoi pas de l'agriculture verticale ? De fait, depuis quelques années des projets ambitieux sont nés, extrapolant ce qui existe déjà dans certains pays où des productions hors sol peuvent exister sur plusieurs étages.

Ils s'appellent « Dragonfly », « Harvest Green project », « projet Tour vivante », « Serre de très grande hauteur » : tous ces projets sont futuristes, gigantesques, intègrent des matériaux nouveaux, ont recours à des techniques de production hypermodernes associées à une gestion des fluides (eau) et des produits dignes des romans de SF. Dans tous les cas, c'est le risque de manque de terres agricoles qui a motivé les architectes. Même si ce risque est très relativisé par des experts agronomes, tels Marcel Mazoyer et Laurence Roudart qui estiment que la planète ne manque pas de terre en fait. Il n'empêche : la transformation, en France même, de terres agricoles en terrains artificialisés (l'équivalent de l'agriculture d'un département tous les dix ans, dit-on fréquemment) a impressionné plus d'un architecte. « L'amenuisement des espaces cultivables est un problème majeur qui réclame notre vigilance », explique Pierre Coulombel, architecte, président d'Urgence architecture, une association qui travaille sur l'aide aux victimes des catastrophes et des grands problèmes de la planète.

Paris, porte de Charenton

La « ferme verticale » la plus aboutie est peut-être celle d'une jeune étudiante en architecture, Charlotte Avignon qui a soutenu son projet en 2008. Elle a conçu une « Serre de très grande hauteur » (STGH) qu'elle propose de positionner à... Paris, Porte de Charenton.

Cent-cinquante mètres de haut pour répondre aux besoins de 10 000 personnes

Charlotte Avignon propose une grande tour de 150 mètres de haut (la moitié de la Tour Eiffel) sur 5000 m² d'emprise au sol. Par l'addition des étages, la surface pourrait atteindre 63 000 m², «répondant aux attentes de 10 000 personnes ». Au sud, la façade serait fortement vitrée, en courbe, avec la conception d'une « double peau » de verre, utilisant les matériaux les plus modernes : du verre à base d'oxyde de titane non marqué par les traces de pluie pour l'extérieur ; pour l'intérieur, du verre spécial de St. Gobain qui permet de réorienter la lumière et d'améliorer l'éclairage. Une armature de métal en assurerait la stabilité tout en « l'enracinant » dans le sol.

L'ensemble est hermétique aux insectes, animaux et champignons porteurs de maladie. Environ 200 personnes permettraient de faire fonctionner la tour qui disposerait, aux étages inférieurs, de magasins de vente de la production. Un circuit court, en somme, du producteur au consommateur. L'ensemble disposerait aussi d'un restaurant panoramique, d'un espace pédagogique et d'un centre de contrôle et de recherche.

Agriculture high'tech

Cette production est évaluée à l'équivalent de 274 ha de surface traditionnelle au sol. Mais l'agriculture n'y serait certes pas traditionnelle. Il s'agit pour l'essentiel de fruits et légumes à cycles courts, hors vergers. On ne parle pas d'élevage. Les plantes sont éclairées en lumière naturelle le jour mais aussi avec un système de lumière artificielle « à spectre complet » qui permet de reproduire la lumière solaire. De la « high'tech en somme. Les racines des plantes seraient à l'air libre, un peu à l'instar des cultures hydroponiques qui existent déjà. La tour produirait sa propre énergie, grâce à des capteurs photovoltaïques et, au sommet, des éoliennes. L'humidité dégagée par les plantes serait récupérée, ce qui permettrait de réapprovisionner la tour en eau pour une partie de ses besoins.

Dès 1999

Le projet de Charlotte Avignon est loin d'être le seul dans cet esprit ni le premier. Dès 1999, Dickson Despommier, un chercheur en microbiologie et santé environnementale à l'université Columbia, à New York, jetait les bases de ces recherches. Il invoquait l'équation devenue maintenant classique : 3 milliards de personnes de plus à nourrir en 2050 donc un quasi-doublement des surfaces nécessaires pour alimenter toute la planète sachant que, déjà, la Terre compte près d'un milliard de personnes mal nourries. Depuis, la brutalité de cette équation a été remise en cause : on sait que le potentiel de terres disponibles est plus élevé qu'on ne l'estimait, que la condition pour un développement agricole est autant politique qu'agronomique, que ce développement dépend de contraintes financières autant que géographiques.

Mais le mouvement était lancé et les architectes allaient y travailler avec ardeur. Non sans susciter la méfiance des agronomes comme à l'Inra où on considère qu'il s'agit surtout d'utopies. « Pour l'instant, ces tours high-tech restent une utopie », affirmait récemment au quotidien Le Monde André Torre, directeur de recherche à l'Institut national de la recherche agronomique.

« Dragonfly »

Il n'empêche, les projets se sont multipliés. En 2009, un mégaprojet naissait sous le crayon d'un cabinet d'architectes belges, Vincent Callebaut Architecture, et nommé « Dragonfly » car arborant la forme d'une aile de libellule. Un projet pour la ville de New York, de 350 000 m². En 2005, un cabinet français, SOA, concevait un projet mariant logements, bureaux et surfaces agricoles. Là encore, il s'agissait de produire des fruits et légumes en atmosphère totalement confinée ce qui permettrait d'éviter tout parasite et donc rendre inutile l'emploi de pesticides. Les innovations les plus récentes permettaient de concevoir une tour à énergie positive (produisant plus qu'elle ne consomme) avec un recyclage des eaux. Comme le montre le site du professeur Despommier (<http://www.verticalfarm.com/>), les projets, études et concepts autour de ces fermes artificielles sont maintenant légion. Chaque problème spécifique fait l'objet d'études. Qu'elle arrive ou non à être réalisée, la ferme verticale aura fait déjà couler beaucoup d'encre et gratter bien des crayons d'architectes. Qui oublie peut-être une chose : pour augmenter la production alimentaire, il peut être moins efficace de relever la hauteur des fermes verticales... que le niveau des prix agricoles eux-mêmes.

La serre du futur : Stocker les calories de l'été pour chauffer l'hiver

Stocker les calories de l'été pour chauffer les serres l'hiver est aujourd'hui possible. Cette technologie, maîtrisée, commence à s'appliquer aux Pays-Bas, au Canada et en Turquie, et le Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes (CTIFL) la testera en serre légumière à partir de février, avec l'appui technique du Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM).

Engranger les calories excédentaires de l'été pour les ressortir l'hiver ne relève plus de la science-fiction. C'est une technologie qui s'est déjà répandue durant les années 2000 dans les pays nordiques pour le chauffage urbain et qui est maintenant appliquée au chauffage des serres aux Pays-Bas, pays pionnier dans ce domaine depuis 2003. En France, le CTIFL la testera dans une serre de tomates à partir de février, s'appuyant sur le savoir-faire du BRGM. L'économie d'énergie est estimée à 30%.

Un puits froid et un puits chaud

La « serre capteur d'énergie » expérimentale du CTIFL à Balandran, dans le Gard, dont la plantation a été réalisée le 1er décembre 2009, est reliée à un aquifère, qui est une sorte d'éponge souterraine, composée d'eau, de roches meubles (sable, argile) ou compactes (calcaire, granit). Les aquifères alimentant les serres en chaleur sont situés entre 40 et 100 mètres de profondeur aux Pays-Bas, où une trentaine de serres ainsi conçues fonctionnent. « Ici à Balandran nous irons puiser l'eau dans un forage de 25 mètres », indique Ariane Grisey, ingénieur, chargée du programme énergie et équipements des serres au CTIFL.

Le principe du stockage intersaisonnier des calories est le suivant : durant l'été, la serre capte les calories et les envoie dans l'aquifère ; en hiver, l'aquifère restitue les calories à la serre. Le fonctionnement est le suivant : pendant l'été, l'eau est pompée dans un « puits froid », à 14 degrés. Après le captage des calories de la serre, l'eau est injectée dans les profondeurs à environ 25 degrés, dans un « puits chaud ». En hiver, l'eau tiède est puisée dans le « puits chaud » de l'aquifère.

Des années pour chauffer l'eau souterraine

L'inertie du sous-sol est importante. « Il faut plusieurs années pour chauffer le milieu. Les Néerlandais parlent de 2-3 ans pour réchauffer l'eau souterraine », précise Ariane Grisey. Cette eau ne réchauffe pas directement la serre pour éviter tout risque de contamination de l'installation et de l'aquifère par les bactéries. L'eau de l'aquifère ne doit pas pénétrer dans la serre. La chaleur ne peut

être cédée que par des échangeurs eau-eau. Seule l'eau chaude secondaire est amenée dans la serre. Après ce double circuit, l'eau secondaire cède ses calories à l'air ambiant de la serre, via des échangeurs eau-air (les calories vont de l'eau à l'air). Les climatiseurs refroidissent l'eau aux environs de 10 degrés, et, de nouveau via des échangeurs thermiques, l'eau est envoyée dans le « puits froid » de l'aquifère. Une pompe à chaleur eau/eau complète le système pour ajuster les températures de l'aquifère aux besoins thermiques de la serre.

Une fois dans ce puits froid, l'eau à basse température attend l'été pour climatiser la serre avec le même système d'échanges. Le cycle est ainsi bouclé.

L'étude géologique est importante

Bien que la technique du stockage de la chaleur soit maîtrisée, elle nécessite des expérimentations, indique-t-on au BRGM et au CTIFL, car la géologie peut réserver des surprises : ce qui a été réalisé aux Pays-Bas, où la structure du sous-sol est simple, l'est moins facilement en France. Aux Pays-Bas, le faible relief évite un écoulement trop rapide des eaux souterraines, qui ferait perdre les calories stockées. D'où le programme d'expérimentation de Balandran. Un programme prévu sur trois ans, avec un budget total de 1,2 million d'euros. Le CTIFL, porteur du programme, a obtenu un financement interministériel par le Pôle européen d'innovation fruits et légumes (PEIFL) basé à Avignon qui a labellisé son projet. Une dizaine de partenaires font partie du tour de table, dont l'Inra, l'Ademe, la Coopérative des serres de Haute Crau et l'Earl Loïk de Feraudy.

Le tracteur du futur sera modulable et écologique

Le tracteur de demain ne sera certainement pas gigantesque. Mais sa puissance n'en sera pas pour autant altérée. Elle résidera dans sa grande modularité et ses caractéristiques environnementales hors pair.

A quoi ressemblera le tracteur de demain ? Plus ajustable aux besoins de l'agriculteur et plus écologique, la machine agricole du futur sera bien différente de celle qui existe aujourd'hui. Finie la course au gigantisme visant à un maximum de puissance et de confort. Place désormais à un tracteur respectueux de l'environnement et modulable.

Plusieurs tracteurs, un seul conducteur

« Nous travaillons au développement du pilotage automatique avec le concept futuriste de "tracteurs maître-esclaves", explique Laurent Pernin, General Marketing Manager chez Massey Ferguson, Europe, Afrique et Moyen-Orient. Il s'agit d'un concept innovant dans lequel un tracteur suit un autre tracteur et un seul conducteur suffit. » Un projet de coopération entre machines agricoles que le Cemagref (Institut de recherche en sciences et technologies pour l'environnement) étudie aussi avec attention. « Si l'on regarde l'évolution des machines depuis 30 ans, on va vers le toujours plus gros et le plus puissant, explique Michel Berducat du Cemagref. Mais le problème est la tendance qu'ont ces grosses machines à compacter les sols. L'une des alternatives explorées par le Cemagref est de mettre un conducteur sur une machine de taille moyenne (quelques dizaines de KW), accompagnée d'une deuxième ou troisième machine en coopération étroite. Cette approche permettrait un rendement de chantier comparable au travail d'une grosse machine, et en plus, un haut degré de modularité. » Dans cette perspective, le Cemagref travaille notamment à l'adaptation du concept Vipa (Véhicules individuels publics automatisés) aux opérations agricoles. « Le but des Vipa, explique Michel Berducat, est de déposer un passager à son lieu de destination. Une fois la mission accomplie, les véhicules Vipa vides et proches géographiquement peuvent revenir ensuite en convoi à leur base initiale par un accrochage immatériel. »

Capacité à effectuer une moisson sélective

Ce retour à des dimensions moins gigantesques s'accompagne du recours aux outils de l'agriculture de précision. Le véhicule agricole serait autonome et équipé de capteurs permettant d'évaluer la maturité de la récolte. « Des capteurs permettant la caractérisation des sols, la rétention d'eau, la

mesure du PH, et l'évolution de la récolte », explique Jean-Marc Bélot, du Cétim (Centre technique des industries mécanique). Ce concept de « moisson sélective » (on ne récolte que les pieds de plante arrivés à maturité) est développé dans d'autres laboratoires, comme l'explique Michel Berducat du Cemagref : « En Europe du Nord, de nombreux laboratoires étudient une autre alternative aux grosses machines basées sur l'utilisation de tout petits robots. Les premières retombées réelles ne sont pas pré-

Le tracteur de demain sera également plus économe en carburant et plus propre. On constate déjà cette tendance avec les nouveaux modèles de tracteurs à l'heure actuelle. Massey Ferguson a, par exemple, lancé la gamme MF 8 600. Cette dernière permet de faire des économies de carburant car le moteur fonctionne avec un mélange de fuel et de solution urée. Mais elle permet aussi de moins polluer car le moteur est doté de la réduction catalytique sélective (SCR), afin de respecter les normes relatives aux émissions Tier 4.

Utilisation d'un carburant « plus que pur »

« A plus long terme, explique Laurent Pernin, on envisage d'avoir recours aux énergies alternatives avec des tracteurs utilisant des biocarburants. » Un axe de recherche qui est au cœur du programme expérimental intitulé « 2nd Vegoil » et réunissant des laboratoires de recherches privés et publics. L'objectif du volet français de ce projet est de développer la filière « courte » ou locale d'huile végétale pure via la création d'un moteur John Deere fonctionnant à 100% à l'huile végétale pure. Ce carburant serait élaboré à partir de deux plantes : le Jatropha et la Camelina Sati-vat. « Le Jatropha donne des fruits non comestibles et pousse en zone aride sans véritable concurrence avec des cultures alimentaires, explique Charles Guillot directeur de la FRCuma Rhône-Alpes, association partenaire du projet. La Camelina Sativat est utilisée comme culture associée, notamment en agriculture biologique : elle offre une petite récolte de graines oléagineuses sans affecter le rendement de la culture principale (blé, pois...). Les concepteurs affirment que l'huile végétale issue de ces plantes est plus que pure, «Purest Plant Oil» en anglais, car elle est déminéralisée. Démarré le 1er août 2008, ce projet soutenu par la Commission européenne dans le cadre du 7e PCRD (Programme Cadre de Recherche et Développement), entend donc développer la culture de biomasse non alimentaire. Une réponse à la polémique actuelle sur les biocarburants.