

Bulletin du Pôle de recherche national (PRN)

Survie des plantes en milieux naturels et agricoles

Editorial

Les plantes modèles: de l'arabette au pétunia

Dans la recherche sur le cancer, bon nombre de travaux utilisent des organismes aussi bizarres que des mouches du vinaigre ou des nématodes. En biologie végétale, des milliers de scientifiques étudient l'arabette des dames (*Arabidopsis thaliana*), une mauvaise herbe insignifiante, sans la moindre importance économique. Ne serait-il pas plus approprié, s'agissant du cancer par exemple, de cibler la recherche sur le corps humain, ou, dans le cas de végétaux, de s'intéresser plutôt aux plantes cultivées? Pour le PRN *Survie des plantes*, la question est pertinente. Car nos objectifs ne se limitent pas à une accumulation de connaissances fondamentales. Nous devons veiller au transfert de nos technologies, afin de répondre aux problèmes les plus préoccupants du public. Pourquoi alors faire appel à des "organismes modèles"?

La réponse est à chercher du côté de la génétique. En effet, même si l'arabette des dames et le maïs (ou la mouche et l'homme) semblent en apparence fort différents, il existe une surprenante similarité dans les processus cellulaires fondamentaux. Les cellules végétales, animales, et même les bactéries font appel à des molécules semblables, que ce soit pour dupliquer l'ADN, pour synthétiser des protéines ou pour répondre à des stimuli externes ou internes. Cette constatation se vérifie avec les résultats provenant du décryptage des génomes. Nous trouvons beaucoup d'organismes *a priori* dissemblables dont les gènes sont en réalité fortement apparentés et assurent par conséquent des fonctions similaires. Cette ressemblance sous-jacente fait que certaines recherches ayant pour objets des plantes, des levures ou des bactéries peuvent se révéler valables pour la biologie animale. Et vice versa.

Avec les progrès de la génétique moléculaire, le recours aux organismes modèles est devenu de plus en plus répandu dans les laboratoires universitaires et industriels du monde entier. En ce qui concerne les plantes, l'arabette des dames s'est définitivement imposée, en raison de ses nombreuses qualités. Facile à cultiver, petite, dotée d'un cycle de vie rapide et capable de produire des semences en abondance: tous ces avantages la rendent idéale pour des expériences de génétique. Les spécialistes de l'arabette ont déchiffré presque l'intégralité de son génome sous la forme d'une séquence de grande qualité. A ce stade, la valeur scientifique de l'arabette des dames semble inestimable.

En quoi alors le pétunia constitue-t-il une alternative intéressante? Parce que, tout d'abord, il est très utile d'étudier une plante apparentée à des

espèces cultivées comme la tomate ou la pomme de terre. Du point de vue pratique ensuite, les caractéristiques du pétunia sont presque aussi attractives que celles de l'arabette. Par exemple, le pétunia hybride W138 obtenu en laboratoire demande peu de soins, et son cycle de vie est de 8 à 12 semaines. Ses autres atouts? Facilité de prolifération sous forme de buissons, possibilité de manipuler la plante pour une floraison précoce, production de milliers de graines même dans des cultures à haute densité. Son génome, légèrement supérieur à celui de la tomate, atteint une taille huit fois plus grande que celui de l'arabette. Enfin, la présence chez le pétunia W138 de transposons très actifs, appelés "gènes sauteurs", permet d'étudier les mutations génétiques avec un gain de temps et de place indéniable (voir PS News no 1). Des performances bien supérieures à ce qu'offre l'arabette des dames.



Chez la plupart des organismes modèles, le grand nombre de croisements intra-spécifiques ont conduit à un appauvrissement de la diversité génétique, par rapport à ce qu'on observe dans la nature. Or c'est là un autre point positif du pétunia. Contrairement à l'arabette, le genre *Pétunia* se divise en une foule d'espèces et de sous-espèces très divergentes. Cela rend possible l'observation de variations génétiques sur des caractères importants pour l'agriculture, comme l'action des phytophages, la pollinisation par les insectes, la présence de microorganismes utiles ou nuisibles.

Notre propre travail au sein du PRN concerne la génétique de la pollinisation par les insectes, un problème difficile à étudier avec l'arabette des dames, qui s'auto-pollinise. Le pétunia constitue une opportunité unique d'étudier le mildiou de la pomme de terre, causé par *Phytophthora infestans*, ou encore l'interaction bénéfique avec une mycorhize connue pour ses propriétés de fixation du phosphate.

La variabilité génétique naturelle fut la majeure source de gènes bénéfiques pour l'agriculture dans le passé. Cependant, cette variabilité est perdue par l'utilisation en laboratoire d'un seul modèle standard. Le pétunia offre la possibilité de combiner la culture classique des plantes avec des technologies modernes (les marqueurs génétiques), afin d'étudier les bases de la variabilité naturelle. Cette approche devrait finalement aboutir à l'introduction, dans les plantes cultivées, d'une vaste palette de caractéristiques identifiées grâce à la génétique.

Cris Kuhlemeier

Professeur de biologie végétale
(Université de Berne)

Vice-directeur du PRN *Survie des plantes*

Focus

Champs, vignobles et labos dans une même danse

A l'occasion de son premier anniversaire, le PRN *Survie des plantes en milieux naturels et agricoles* a organisé mardi 9 avril l'Université de Neuch tel une rencontre entre agriculteurs, viticulteurs et chercheurs.

La salle de séminaire était juste assez grande pour accueillir le nombreux public venu assister à l'événement. Les chaises et même les tables se sont rapidement trouvées prises d'assaut. L'assemblée se composait d'une bonne trentaine de représentants des milieux agricoles, avec une proportion à peu près égale de viticulteurs et d'agriculteurs.

C'était aussi l'occasion pour les jeunes chercheuses et chercheurs du Pôle de tester, souvent pour la première fois, leurs talents de communicateurs devant un public de non-spécialistes. Belle leçon de vulgarisation pour les scientifiques de Neuchâtel!

En ouverture, Claire Le Bayon, Laure Weisskopf, Valérie Page et Virginie Matera ont abordé un thème fondamental: les échanges de composés chimiques entre les racines, le sol et la roche. Ces recherches, menées sous la direction du professeur de géochimie Karl Föllmi ont pour but de mieux comprendre les mécanismes de nutrition des plantes, soulignant l'importance du phosphore, principal élément intervenant dans l'approvisionnement en énergie des cellules végétales.

Leurs travaux ont aussi pour objectif d'étudier la menace que représentent les polluants du sol, les métaux lourds en particulier, sur la physiologie des végétaux. Comment faire, par exemple, pour éviter la présence d'éléments polluants dans les fruits? Une des pistes, a expliqué Valérie Page, serait de modifier le métabolisme de la plante de manière à stocker les substances indésirables dans les feuilles plutôt que dans les fruits.

Autant de préoccupations qui interpellent l'initiateur de la rencontre du 9 avril, Laurent Debrot, président de l'association Bio-Neuchâtel et député cantonal du Parti des Verts. "Le sol, affirme l'agriculteur de Chambrélie (NE), ne peut pas être considéré comme un simple substrat. Il s'agit d'un milieu vivant, riche en interactions subtiles entre plantes, insectes, vers de terre, que les agriculteurs se doivent de gérer au mieux."

De fait, ces interactions font l'objet d'une attention particulière au sein du projet de Karl Föllmi. Grâce à l'acquisition d'un appareil d'analyse ultra-performant, l'ICP-MS, il sera possible aux utilisateurs d'identifier et de quantifier très précisément les composants d'un échantillon quelle que soit son origine, organique ou inorganique.

Santé... pour la vigne

La seconde vedette de l'après-midi fut incontestablement la vigne. Laurent Barnavon, post-doc dans le groupe du professeur de biochimie Jean-Marc Neuhaus, a exposé les moyens mis à sa disposition pour identifier les facteurs génétiques capables de rendre certaines variétés résistantes à un champignon pathogène bien connu: le mildiou. Un sujet qui ne manqua pas de susciter des réactions dans le public. "J'attends beaucoup des recherches sur le génome de la vigne, a par exemple lancé Eric Beuret, chef du Service cantonal de la viticulture. Si l'on parvenait à identifier des gènes de résistance aux pathogènes, nous pourrions modifier en conséquence le génome des cépages que nous utilisons. Nous obtiendrions alors, sans avoir recours à des produits phytosanitaires, une vendange saine qui préserve à la fois la qualité et la typicité du vin."



Une après-midi riche en échanges d'idées: chercheurs et travailleurs de la terre se sont mis au diapason

Sur ce point, la réponse de Laurent Debrot ne s'est pas fait attendre: "Nous avons déjà des cépages résistants au mildiou. Pourquoi faudrait-il créer des plantes transgéniques?". Laurent Barnavon répond que la création de plantes transgéniques n'est pas le but du projet, mais plutôt une des applications possibles.

Terroir et savoir

Quant à Bernd Hägele, coordinateur du PRN *Survie des plantes*, il abonde dans ce sens et rappelle que "la recherche sur l'expression des gènes de résistance contre une maladie par exemple est vraiment une recherche fondamentale. On a besoin de connaître ces mécanismes génétiques. Parce que ces connaissances pourraient tout aussi bien s'appliquer à des méthodes classiques de croisement qui gagneraient ainsi en rapidité dans la création de nouveaux cépages ou de nouvelles variétés."

"Le problème, a rétorqué Eric Beuret, c'est que la réputation d'un terroir viticole est intimement liée à la variété du raisin qu'on y cultive. Aussi, planter une variété résistante au mildiou issue de croisements, comme *Solaris*, en lieu et place du traditionnel *Pinot noir* me paraît impensable pour la région de Neuchâtel. Nous produirions un vin totalement différent et la réputation du

terroir en subirait le contre-coup."

Le recours au génie génétique ne semble donc pour l'heure pas se profiler comme une solution tangible. La démarche heurte la profonde sensibilité des amateurs de vin qui ne sont pas prêts à accepter un produit issu d'un cépage contenant des gènes étrangers. Comme l'a souligné Enrico Martinoia, professeur de physiologie végétale: "*Moët et Chandon* travaillait sur des vignes génétiquement modifiées. Mais la célèbre marque de champagne a finalement abandonné cette idée, car le vin reste quelque chose de mystique, un produit de luxe qui supporte mal d'être associé au génie génétique".

Phéromones contre papillons

S'agissant toujours de la vigne, mais dans un autre registre, Patrick Guerin, avec sa verve habituelle, s'est plu à présenter une démonstration de lutte biologique contre des papillons ravageurs de la vigne (cochylis et eudémis), parce que les spécialistes nomment la confusion sexuelle. Une séquence vidéo montrait un mâle en plein vol soudainement perturbé par des phéromones – en l'occurrence des signaux chimiques normalement émis par des femelles pour attirer les mâles. Or dans la confusion sexuelle, le système consiste à placer plusieurs sources de phéromones dans le vignoble, de manière à ce que le mâle en vol ne sache plus où donner de la tête. Il a pour effet d'empêcher toute rencontre avec une femelle, et de freiner ainsi la prolifération du ravageur.

Cette méthode est d'ores et déjà appliquée sur la moitié du vignoble neuchâtelois, a observé un viticulteur durant la séance de discussion, avec des résultats très positifs à Bevaix.

Jachères florales

Le dernier thème présenté par les chercheurs du PRN *Survie des plantes* concernait la biodiversité dans les milieux agricoles résultant de l'implantation entre les champs de zones "sauvages" appelées "jachères florales". Le bouquet de plantes qui compose ces zones doit être choisi de manière à assurer leur pérennité. A terme, une jachère florale peut même constituer une réserve d'organismes (plantes, insectes) susceptibles de lutter contre les mauvaises herbes.

Les praticiens espèrent beaucoup de ces recherches, à l'instar de Danielle Rouiller, agricultrice bio: "Il faut parfois attendre des années avant d'être capable de discerner les "bonnes" mauvaises herbes de celles à éviter." La recherche pourrait ainsi aider les agriculteurs à mieux identifier les espèces désirables. Les participants à la rencontre ont également exprimé leur opinion sur la définition géométrique des jachères florales. D'après certaines études, la mise en place de longue bande de jachère à côté des champs de céréales crée une biodiversité optimale. D'autres, en revanche, comme Jacques Studer, biologiste et consultant auprès des agriculteurs, s'interrogent sur la pertinence de mettre côte à côte un milieu très riche en biodiversité et un champ où règne une culture intensive.

"Les agriculteurs sont placés devant une nouvelle vision de la productivité, affirme Laurent Debrot. Car l'élimination radicale des organismes nuisibles est une idée aujourd'hui dépassée. Il faut apprendre à tolérer jusqu'à un certain seuil la présence de plantes malades ou de mauvaises herbes avant d'utiliser des pesticides ou des herbicides. En laissant des chances de survie à des insectes nuisibles, on maintient la population des prédateurs qui s'en nourrissent à un niveau suffisamment élevé pour préserver les cultures. C'est à ce prix que nous pourrions envisager une agriculture durable et respectueuse de l'environnement".



Les maladies de la vigne, en culture ou sous microscope, ont éveillé la curiosité de l'assistance

Focus

Assemblée annuelle: un trait d'union entre les générations

A la mi-mars, le PRN *Survie des plantes* a vécu sa première Assemblée annuelle dans l'enceinte d'Uni Mail à Neuchâtel. Plus de 70 personnes ont assisté aux conférences, sous le regard attentif des experts de l'*Advisory Board*.

La première assemblée annuelle du PRN *Survie des plantes* s'est tenue le 14 et 15 mars dernier. Elle fut marquée par la participation active de trois représentants de l'*Advisory Board*. L'occasion, pour les membres du Pôle, de connaître les personnalités qui, par leur regard extérieur, sont à même d'apporter des conseils utiles à l'avancement des projets. Spécialiste d'écologie chimique, le Prof. Ian T. Baldwin travaille au *Max Planck Institut* de Jena en Allemagne. Sa présentation a porté sur le système de défense que les plantes (en l'occurrence le tabac) déclenchent lorsqu'elles sont attaquées par des insectes phytophages. Venu également d'Allemagne, le Prof. Thomas Hartmann mène ses recherches à l'*Institut für Pharmazeutische Biologie* de l'Université technique de Braunschweig. Il a évoqué pour ainsi dire la conséquence du phénomène précédent, à savoir la capacité de certains insectes à tirer profit des toxines générées par la plante, afin d'assurer leur propre défense face à des prédateurs. Quant à Barbara Hohn, professeure à l'*Institut Friedrich Miescher* pour la recherche biomédicale à Bâle, elle s'intéresse aux facultés d'auto-réparation de l'ADN chez les végétaux. Elle étudie ces mécanismes lors de lésions provoquées par des brûlures, des expositions aux rayons ultra-violetes B, ou encore des radiations, pour ne citer que quelques exemples.

Préoccupations internationales

"Ces trois exposés ont montré que les interrogations soulevées par d'éminents spécialistes internationaux sont aussi les nôtres. Notre réseau de compétences tisse des liens dans l'UE et aux USA, commente Martine Rahier, directrice du PRN *Survie des plantes*. L'Assemblée annuelle du 14 et 15 mars constituait le premier événement reflétant la dimension internationale des recherches entreprises.

La direction du PRN a également pu se réjouir de la participation extrêmement active des post-docs, alors que la plupart d'entre eux sont en place depuis moins de six mois. La tribune offerte durant deux jours à ces chercheurs souligne la volonté du PRN de valoriser les idées de la génération montante. Pas de doute, la relève académique s'affirme.

Les experts veillent

Le PRN *Survie des plantes* est encadré par deux panels d'experts qui conseillent les chercheurs et jugent les progrès accomplis. Présentation et aperçu de leurs rôles respectifs.

Advisory Board

L'*Advisory Board*, de même que son mode de fonctionnement, est défini par le directoire du PRN *Survie des plantes*. Bien qu'occupant cette fonction à titre honorifique, ses membres se mettent à disposition des chercheurs du PRN pour donner leurs conseils sur les projets. Ils sont en outre invités à l'Assemblée annuelle. Voici leur liste:

Prof. Ian T. Baldwin, Max Planck Institute of Chemical Ecology, Jena, Allemagne
Prof. Valerie K. Brown, University of Reading, Grande-Bretagne
Prof. Thomas Hartmann, Technische Universität Braunschweig, Allemagne
Prof. Barbara Hohn, Friedrich Miescher Institut, Basel, Suisse
Prof. Reinhard Töpfer, BA Züchtungsforschung, Siebeldingen, Allemagne

Review Panel

Le *Review Panel* est désigné par le Fonds national pour la recherche scientifique (SNSF). Il veille à la bonne marche des projets et fait part de ses commentaires (positifs ou négatifs) dans un rapport rédigé une fois par an. La première évaluation du PRN *Survie des plantes* a eu lieu à la fin du mois de janvier, avec un avis très largement positif. Les conseils formulés ont été bien accueillis par les scientifiques du Pôle qui se réjouissent de ce climat constructif. En janvier 2002, le *Review Panel* se composait des personnes suivantes:

Prof. Oreste Ghisalba (président), SNSF, Berne
Prof. Charles Godfray, NERC Centre for Population Biology, Imperial College, Ascot, Grande-Bretagne
Prof. Maria L. Gullino, Università degli Studi di Torino, Facoltà di Agraria, Italie
Dr. Jost Harr, Conseil de la recherche agronomique, Office fédéral de l'agriculture, Berne
Prof. Dieter Imboden, SNSF, Berne
Prof. John Pickett, Biological Chemistry Division, IACR-Rothamsted, Grande-Bretagne
Prof. Dierk Scheel, Department of Stress and Development Biology, Halle, Allemagne
Dr. Stefan Bachmann, SNSF, Berne
Dr. Urs Christ, SNSF, Berne

Face aux maladies, les plantes se défendent

Bien qu'immobiles et incapables de fuir devant un danger, les plantes peuvent se défendre. Les participants au cours de l'Ecole doctorale sur la phytopathologie qui s'est tenu du 24 au 26 avril 2002 ont pu étoffer leurs connaissances en la matière.

Grâce aux progrès de la biologie moléculaire, on en sait un peu plus sur les moyens que les végétaux développent pour contrer leurs adversaires. Que ce soit face à des bactéries, des virus, ou des champignons, la palette des défenses est vaste. "Cela commence simplement par des barrières mécaniques, illustre Brigitte Mauch-Mani, phytopathologue à l'Université de Neuchâtel et organisatrice du cours. Je pense par exemple au cuticule du chou, cette fine pellicule qui protège le légume des infiltrations indésirables." Mais il y a plus fort: les plantes sont capables d'apprendre à se défendre, une propriété que l'on a baptisé résistance induite aux pathogènes. Ainsi, lors d'une seconde attaque par un pathogène donné, la plante réagit plus vite et plus violemment. C'est exactement ce qui se passe dans le cas du concombre confronté à *Colletotrichum lagenarium*, un champignon dont la première attaque a pour effet de provoquer un renforcement des parois cellulaires. Avec pour résultat la fabrication d'un blindage contre les agressions suivantes du même pathogène. Autre exemple: le radis peut avoir recours à des bactéries bénéfiques présentes dans le sol pour se protéger contre la fusariose, une maladie également propagée par un champignon.

Hormis les aspects scientifiques, le but de la rencontre fut d'éveiller le sens critique des jeunes chercheurs. Manifestement, il s'avère indispensable d'organiser des "Journal Clubs", autrement dit des forums où les doctorants et doctorantes ont la possibilité de commenter des articles publiés dans les revues spécialisées. La discussion devient d'autant plus enrichissante que les membres du PRN *Survie des plantes* n'ont pas le même bagage scientifique: par exemple un spécialiste en écologie peut apporter un point de vue très utile à un problème soulevé par des biochimistes, et vice versa.

A ce sujet, on peut citer l'intervention d'Olivier Viret, de la Station fédérale de Changins, qui montrait comment des facteurs météorologiques permettent de lutter contre le développement de certaines maladies. Le mildiou de la vigne a besoin d'humidité pour se reproduire. Conséquence: si le climat est plutôt sec, il est possible de réduire les traitements, ce qui diminue la charge de pesticides relâchés dans l'environnement.

Quelques-unes des personnalités présentes lors du cours de l'Ecole doctorale, de g. à dr.: Christiane Bobillier (Université de Neuchâtel), Erick Kombrink (Max Planck Institut, Köln, D), Brigitte Mauch-Mani (Université de Neuchâtel), John Mansfield (Imperial College at Wye, UK), Sophien Kamoun (Ohio State University, USA)

Entre l'algue et le champignon

Parmi les agents pathogènes qui ont tenu la vedette durant ces trois jours, on trouve les oomycètes, des microorganismes dont la classification a donné bien du fil à retordre aux spécialistes de la systématique. Pour simplifier, disons qu'ils forment un règne à part, puisqu'ils réunissent des caractéristiques physiologiques propres aux algues et aux champignons.

L'étude des oomycètes est d'une importance capitale. Notamment parce qu'à cette catégorie d'organismes appartient *Phytophthora infestans*, qui n'est autre que l'agent du mildiou de la pomme de terre. "Chaque année, ce pathogène ravage tous les continents, laissant des milliards de dollars de perte dans son sillage, souligne Sophien Kamoun, l'un des conférenciers invités et professeur assistant à l'Ohio State University. Historiquement, il fut, en Irlande, le principal responsable de la dévastation des champs de pommes de terre qui provoquèrent une vague de famine au milieu du XIX^e siècle."

On dénombre une soixantaine d'espèces de *Phytophthora* qui font passablement de dégâts parmi les végétaux. Ces organismes utilisent les plantes pour leur reproduction, et envahissent non seulement les feuilles, mais aussi les racines et divers organes. Les maladies causées par *Phytophthora* se caractérisent par la destruction rapide du tissu végétal, tandis que les spores de ces oomycètes se dispersent facilement, d'où la rapidité de propagation des maladies. Les remèdes utilisés à l'heure actuelle sont principalement des fongicides, mais ils présentent le désavantage d'un coût trop élevé. Cela explique l'engagement des chercheurs vers la génétique, ou plus précisément, vers la caractérisation des molécules qui commandent les gènes, à savoir les protéines. "L'idée, poursuit Sophien Kamoun, est de transformer les plantes traditionnellement colonisées par les oomycètes en des variétés inhospitalières pour ces pathogènes. C'est ce qu'on appelle les *non-host plants* en anglais."

Il faut donc identifier les gènes et les protéines correspondantes qui vont induire la résistance à ces pathogènes. Puis procéder à des croisements qui donneront des lignées insensibles à la maladie.



Les gens

Une passion pour l'amidon



Sam Zeeman, professeur assistant fraîchement nommé à l'Université de Berne, vient de prendre ses quartiers en janvier. A 31 ans, ce jeune biologiste occupe un poste entièrement financé par le PRN et consacre son temps à l'étude du métabolisme de l'amidon.

De nationalité britannique, Sam Zeeman a étudié les sciences naturelles à l'Université de Cambridge, où il a obtenu successivement son diplôme (MA) et sa thèse de doctorat. Très tôt, il s'est spécialisé dans l'étude du métabolisme de l'amidon avec sa plante modèle favorite, l'arabette des dames (*Arabidopsis thaliana*). "L'amidon, explique le biologiste, fait fonction de réserve d'hydrates de carbone dans la plupart des plantes. Ces composés servent à produire de l'énergie et alimentent les éléments de base du métabolisme des végétaux tout au long de leur développement. Si le mécanisme de la synthèse de l'amidon est relativement bien connu, il reste de nombreuses questions concernant la manière dont cet amidon est à nouveau transformé en un sucre utilisable par la plante."

Que faire sans lumière?

En fait, les plantes sont confrontées à un problème comparable à celui qu'on rencontre dans le domaine de l'énergie solaire. En effet, elles utilisent la lumière pour transformer du dioxyde de carbone en sucre. C'est le principe de la photosynthèse. Or sitôt que le végétal est plongé dans l'obscurité, la production de sucre cesse. Tout comme l'électricité produite par des cellules photovoltaïques. La nuit devrait donc sérieusement mettre en péril la santé des plantes. Heureusement, tel n'est pas le cas. La nature a trouvé une parade. A l'instar des moyens de stockage existant pour l'électricité solaire (typiquement des batteries), la plupart des végétaux disposent de "piles à amidon" logées dans les cellules des feuilles. Il s'agit de granules microscopiques dont le diamètre varie entre un et cent microns.

Ainsi, durant la journée, une partie des hydrates de carbone obtenue par photosynthèse est transformée en sucre, tandis que le reste est converti en granules d'amidon. Pendant la nuit, des réactions enzymatiques permettent à la plante de puiser dans ses réserves aussi souvent qu'elle le désire. Identifier les facteurs biochimiques et génétiques en jeu dans la dernière étape de cet important processus physiologique constitue le cœur du travail de Sam Zeeman.

Excellent modèle

Pour progresser dans cette voie, le jeune biologiste a travaillé durant six ans au prestigieux John Innes Centre (Grande-Bretagne), où il a étudié le métabolisme de l'amidon à travers une approche pluridisciplinaire, unissant les techniques venant de la génétique, de la biologie moléculaire et de la biochimie. Cette vision de la recherche n'est pas sans rappeler la philosophie du PRN *Survie des plantes*. Sam Zeeman est convaincu que l'arabette des dames demeure un excellent modèle, car son processus de stockage de l'amidon ressemble à celui que l'on trouve dans certaines grandes cultures comme le riz, le blé ou la pomme de terre.

Production à la carte

De ses travaux, Sam Zeeman a tiré un nouveau mécanisme susceptible de mieux expliquer la production d'amidon. De quoi éveiller l'intérêt des industriels qui financent bien des recherches fondamentales dans ce domaine. "On utilise déjà l'amidon dans l'industrie alimentaire pour améliorer la texture des aliments et leur qualité nutritive. Il existe aussi de nombreuses applications vers l'industrie non-alimentaire, par exemple dans le secteur de l'emballage: l'amidon est transformé en "copeaux", alternative biodégradable aux traditionnels "chips" en sagex. On peut également envisager dans le futur des cultures de plantes spécialement sélectionnées en fonction du type d'amidon qui nous intéresse. Elles seraient ainsi spécifiquement adaptées à un usage industriel particulier." Une production à la carte, en somme.

Mais avant que ces objectifs ne deviennent éventuellement réalité, Sam Zeeman doit vérifier ses hypothèses et constituer son équipe. Pour l'heure, il vient de nommer la personne qui occupera un premier poste de doctorant, tandis qu'un second assistant sera bientôt engagé.

Décrypter le langage des plantes



Jean-Pierre Métraux est professeur de biologie à l'Université de Fribourg depuis un peu plus de dix ans. Tout au long de sa carrière, il a attaché un grand intérêt à la coopération scientifique avec l'Union européenne. Il nous donne quelques exemples des travaux menés dans ce cadre.

Jean-Pierre Métraux, dans quelle mesure votre expérience avec les autres pays de notre continent pourrait-elle se révéler profitable au PRN Survie des plantes?

A l'échelle de l'Europe, il existe déjà des projets qui ont pour thème des préoccupations identiques à celles du PRN. Notamment en ce qui concerne les problèmes rencontrés dans l'agriculture. Il y a aujourd'hui une prise de conscience sur la nécessité de réduire massivement l'utilisation des pesticides, afin de ménager l'environnement.

Des alternatives se dessinent, comme le contrôle biologique qui consiste par exemple à diminuer l'offensive des insectes ravageurs en aménageant des surfaces spécialement adaptées. Autres développements prometteurs: la possibilité de rendre une plante résistante à une maladie, un phénomène appelé "résistance systémique acquise" ou SAR (de l'anglais "systemic acquired resistance").

De quoi s'agit-il?

Il existe sur le marché un produit commercialisé par Syngenta appelé Bion. Son action stimule la plante de manière à produire diverses protéines dont certaines ont un effet anti-fongique, empêchant la progression des agents pathogènes (en l'occurrence des champignons) dans les tissus végétaux. Le Bion a constitué une première dans la lutte contre les maladies des végétaux: au lieu de procéder à l'éradication des pathogènes, on cherche à stimuler les défenses propres à la plante elle-même. Mais pour affiner davantage l'action de ces substances, nous devons comprendre le mécanisme de résistance aux pathogènes.

Quelles sont les recherches que vous menez sur ce front?

Nous tentons de décrypter ce qu'on pourrait métaphoriquement appeler le langage des plantes. Lorsqu'ils sont soumis à des stimuli externes (attaque par un champignon, un virus, une bactérie; variation de lumière ou d'humidité; etc.), les végétaux répondent par la sécrétion de substances endogènes, des «signaux», qui sont un peu l'équivalent des hormones chez les mammifères. Parmi ces substances, on peut citer l'acide salicylique (molécule active de l'aspirine), les jasmonates ou encore l'éthylène. Ce sont les

combinaisons entre ces substances qui induisent les mécanismes de résistance aux pathogènes. Le problème, c'est qu'elles ne répondent pas de manière linéaire et directe aux stimuli. Ces composés font partie d'un certain nombre de réactions biochimiques qui constituent un réseau d'information. Cela signifie que pour induire la résistance à une maladie donnée, il faudrait connaître les éléments régulateurs de ces voies d'information.

Et pour identifier ces éléments régulateurs, vous faites appel à une discipline scientifique *a priori* fort éloignée du monde vivant: l'électronique...C'est plutôt étonnant!

En effet, nous travaillons sur un modèle de circuit électronique. Une fois terminée, cette représentation logique résumera l'ensemble de nos connaissances et permettra de construire une vue d'ensemble du réseau de signaux internes qui induisent la résistance à un pathogène donné. On peut ainsi "suivre" la logique de la propagation des signaux chimiques. L'étape suivante consistera à identifier, cette fois-ci dans le vivant, les protéines qui participent à la régulation de cette résistance.

Voyez-vous dans le développement des inducteurs de résistance une solution définitive et sûre?

Puisque ces produits seront ciblés sur les plantes à traiter, l'impact sur l'environnement pourra être réduit. Ce qui est très positif. Il restera ensuite à déterminer avec précision quelles seraient les propriétés intrinsèques de tels produits sur la santé humaine.

Quant à la protection de la plante, on peut difficilement l'assurer à long terme. L'introduction d'une nouvelle variété végétale résistante à un champignon mène dans la plupart des cas à l'apparition de nouvelles souches du pathogène qui auront trouvé un moyen de surmonter la résistance. Il faut se souvenir qu'avec l'introduction d'une plante résistante apparaît une nouvelle pression de sélection dont il faut tenir compte. Le contrôle biologique (ou toute autre forme de contrôle) ne sera donc jamais un contrôle définitif. Il faudra continuellement chercher de nouvelles variétés résistantes ou de nouveaux moyens de lutte.

D'où la volonté de collaborer avec l'Union européenne...

Absolument. Nous avons pour cela deux organisations auxquelles la Suisse participe: les programmes-cadres de l'UE et la COST (Coopération européenne dans le domaine de la recherche scientifique et technique). Pour cette deuxième catégorie, il s'agit de recherche très spécialisée, c'est pourquoi je ne pense pas que le PRN puisse y prendre part en tant que tel. En revanche, j'encourage vivement les chercheurs, individuellement, à s'intéresser à toute participation qui concernerait directement leur propre projet. Signalons par exemple que se termine actuellement un projet COST en activité depuis 5 ans sur les champignons toxigéniques, projet auquel nous participons (le groupe de Jean-Pierre Métraux, ndlr) ainsi que les professeurs Geneviève Défago et Raphaël Tabacchi, deux autres membres du PRN. Mon collègue Heinz Müller-Schärer (vice-directeur du PRN, ndlr) est quant à lui l'un des délégués suisses au projet COST sur le contrôle biologique des mauvaises herbes en Europe. Nous avons donc tout à gagner dans ce type de coopération.

Brèves des labos

Trois Ecoles au chevet de la vigne malade

En mars dernier, la première collaboration entre un groupe du PRN et un des partenaires du Pôle a concrètement démarré. A l'Ecole Polytechnique Fédérale de Zurich (EPFZ), la Prof. Geneviève Défago et son doctorant Danilo Christen ainsi que l'équipe du Prof. Raphaël Tabacchi à l'Université de Neuchâtel partagent avec Wolfgang Patzwahl de la Haute Ecole Spécialisée (HES) de Wädenswil une étude portant sur deux maladies du bois de la vigne, l'esca et l'eutypiose. Les champignons responsables de ces maladies profitent des blessures infligées à la vigne pour pénétrer dans la plante. Ils y produisent des toxines, qui sont transportées bien au-delà des blessures et contribuent à intoxiquer lentement la vigne, qui finit par mourir après plusieurs années.

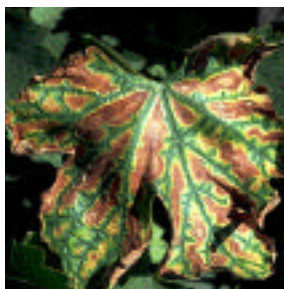
La situation est particulièrement préoccupante dans la région lémanique, où 70% des parcelles observées lors d'un relevé réalisé par la Station Fédérale de Changins, présentent les symptômes d'un début de maladie. Cela s'explique par le fait que le Chasselas, variété cultivée abondamment en Suisse romande, y est très sensible. Tel n'est pas le cas dans le reste du pays: le Riesling-Sylvaner et le Pinot noir, principaux cépages de Suisse alémanique, ne sont que peu affectés, tandis que le Merlot, fleuron du Tessin, tolère bien ces infections. Depuis l'interdiction de l'utilisation de l'arsénite de sodium contre l'esca, les méthodes de lutte se résument à des pratiques préventives.

Des remèdes écologiques

L'équipe de Wädenswil voudrait savoir si les arômes du moût et, partant, la qualité du vin, sont modifiés lorsque le raisin est produit par des plantes vigoureuses mais présentant un début de maladie. Le Prof. Tabacchi et ses collègues cherchent à déterminer la structure chimique des toxines produites, alors que le groupe de l'EPFZ traque des souches de micro-organismes capables de dégrader ces toxines. Il en a trouvé parmi des genres de champignons (*Fusarium* et *Trichoderma*) utilisés pour la lutte biologique sur d'autres végétaux. Le principal avantage est qu'on peut les appliquer sans crainte pour l'environnement. Geneviève Défago et Danilo Christen espèrent ainsi protéger la vigne et démontrer le rôle des toxines dans la maladie, ainsi que dans les éventuels changements de la qualité du vin.

Lors de la phase préliminaire de cette collaboration, les chercheurs de l'EPFZ ont donné à leurs collègues de Wädenswil des plantes auxquelles ils ont inoculé des pathogènes. Le moût qui en sera tiré à l'automne sera analysé chimiquement, puis vinifié et dégusté par l'équipe de la HES de Wädenswil. Il sera comparé à celui produit sur la même parcelle par des plantes saines. Cela permettra, au cours des prochaines années, d'éta-

blir une référence pour évaluer l'influence de la maladie, et de la lutte biologique envisagée, sur la qualité des moûts et du vin.



Exemples de ravages provoqués par l'esca sur les feuilles, et l'eutypiose dans le bois de la vigne

Deux nouvelles têtes au Comité de l'Ecole doctorale



Laure Weisskopf



Helene Wagner

Les représentantes des doctorants et des post-docs du PRN *Survie des plantes* ont été élues en mars dernier. Il s'agit respectivement de Laure Weisskopf et d'Helene Wagner. Portrait minute des deux déléguées.

Laure Weisskopf

"Mon but au sein du comité est de servir d'interlocutrice pour la direction de l'Ecole doctorale et de faire entendre la voix, les idées, les remarques, les critiques et les suggestions des doctorants. Je pense qu'une Ecole doctorale est un atout considérable pour la formation post-grade des jeunes chercheurs et je m'investis donc volontiers dans ce domaine."

A 25 ans, cette doctorante de Neuchâtel s'intéresse aux mécanismes que les plantes développent face à une carence en phosphate. Comme

plante modèle, Laure Weisskopf utilise le lupin blanc qui, pour répondre au manque de phosphate, développe des racines spéciales. Celles-ci sécrètent d'importantes quantités d'acides organiques qui permettent de déloger du phosphate "bloqué" dans le sol.

Sous la direction des professeurs Enrico Martinoia (physiologie végétale) et Michel Aragno (microbiologie), Laure Weisskopf étudie entre autres le rôle des gènes qui contrôlent cette sécrétion racinaire d'acides organiques, ainsi que les mécanismes employés par la plante pour sélectionner des micro-organismes potentiellement bénéfiques pour elle.

Helene Wagner

"Mon rôle est de faire entendre les préoccupations et les idées des post-docs et des doctorants, de promouvoir des solutions constructives sitôt que des problèmes surgissent. Je veux aussi m'assurer que l'Ecole doctorale offre des opportunités intéressantes sans toutefois que cela représente des obstacles pour les jeunes chercheurs impliqués dans le PRN *Survie des plantes*."

Géographe de formation, Helene Wagner poursuit des recherches à l'Institut fédéral WSL de Birmensdorf (ZH) après un séjour de deux ans au Colorado State University (USA). Engagée dans le projet 6 du PRN, elle travaille sous la direction de Christoph Scheidegger, spécialiste en écologie moléculaire.

Son sujet de recherche porte sur des méthodes de modélisation informatiques appliquées aux pâturages-boisés du Jura. Helene Wagner cherche à recréer l'évolution spatiale et temporelle de ces écosystèmes, en espérant identifier les perturbations qui, dans le passé, ont abouti à la biodiversité qu'on y observe aujourd'hui.

Espace "Forum"

La rédaction serait ravie d'ouvrir une rubrique donnant la parole à ses lecteurs: l'espace "Forum" sera à vous dès la prochaine édition. Que vous soyez étudiant, chercheur, agriculteur, politicien ou simple curieux, sachez que vos avis et commentaires nous intéressent. Notre e-mail est à votre disposition, il suffit d'écrire à: igor.chlebny@unine.ch

Expo.02 et Fête La Terre avec le PRN *Survie des plantes*



Grape et feuille de Chasselas

Cet été sera marqué par deux événements publics de première importance pour le PRN *Survie des plantes*. Du 23 au 25 juillet, les chercheurs seront présents à Expoagricole, une des manifestations d'Expo.02 implantée à Morat. Un mois plus tard, le 24 et 25 août, ils nous donnent rendez-vous au très populaire festival régional "Fête La Terre" de Cernier.

Le PRN participe à Expoagricole dans le cadre d'un événement temporaire intitulé "Vivre la recherche sur les plantes" (en allemand: "Pflanzenforschung erleben") avec entrée libre. Quatre thèmes, quatre regards sur la place de la plante dans son environnement donneront au grand public un reflet des projets coordonnés par l'Université de Neuchâtel. Les sujets traiteront des mécanismes qui régissent la circulation des composés chimiques entre le sol et les racines, des maladies de la vigne, de l'importance des jachères florales dans la préservation de la biodiversité, ou encore de la complicité qu'entretiennent les végétaux avec certains insectes pour se protéger des ravageurs. L'exposition se veut interactive: les visiteurs auront le loisir de sentir et toucher les organismes vivants figurant au cœur des recherches du PRN.

Une approche similaire a guidé les représentants du PRN au festival "Fête La Terre" qui se tiendra à Cernier (NE). Pour cette rencontre, les jeunes scientifiques ont choisi d'évoquer "La plante dans tous ses états", sur un ton léger et ludique. Le public pourra ainsi découvrir comment des plantes stressées (eh oui, cela existe!) luttent pour se maintenir en vie. Autre sujet de choix à la veille des vendanges: la présentation de variétés résistantes à une maladie de la vigne encore fort répandue, le mildiou. Sans compter une dégustation de vin en prime!

Enfin, cerise sur le gâteau, les chercheurs montreront comment il est possible d'extraire l'ADN de la tomate, selon une technique digne de Harry Potter, avec des ingrédients aussi communs que du sel, du jus de citron, un détergent et de l'alcool. Etonnant! A "Fête La Terre", le PRN offrira une invitation au voyage scientifique qui n'oublie pas les prérogatives des yeux, du nez et des papilles gustatives.

Partenaires

Haute école suisse d'agronomie: un enseignement sans frontières

A une dizaine de minutes en train de la gare de Berne, sur la commune de Zollikofen, se dresse le campus de la Haute école suisse d'agronomie (HESA). Elle accueille quelque deux cents étudiantes et étudiants qui viennent y décrocher un diplôme d'ingénieur-agronome. Visite d'un lieu où enseignement rime avec ouverture sur le monde.

Au Cameroun, un virus ravage chaque année les champs de manioc, causant d'importantes pertes (parfois jusqu'à 30%) dans les récoltes de cette ressource alimentaire indispensable. Pour faire face à ce fléau, une équipe dirigée par Urs Scheidegger, professeur de production en "cultures tropicales" à la HESA, apporte son soutien à un centre camerounais de formation en agriculture (le *Rural Training Centre Fonta*). La contribution des experts suisses a permis de tester une méthode appelée « sélection positive ». Elle consiste à identifier les plantes ne présentant aucun symptôme du virus, donc considérées comme saines et utilisables pour les plantations. Par ailleurs, les chercheurs de la HESA ont facilité l'accès du centre camerounais à des variétés de manioc résistantes au virus.

"Avant notre intervention qui date de 1996, se souvient Urs Scheidegger, les responsables du centre enseignaient déjà la « sélection positive », mais sans s'interroger sur son efficacité dans les conditions locales. D'où la mise en place d'un projet de recherche conjoint avec la HESA. En effet, la majeure partie de la matière enseignée n'a jamais été testée localement, ce qui laisse craindre qu'elle ne soit pas appropriée du point de vue écologique ou socio-économique."

Cet exemple n'est qu'un modeste reflet des nombreuses interventions que mène la HESA à travers le monde: en Inde, au Bhoutan, au Kirghizistan, au Mali, en Ethiopie, au Madagascar, en Corée du Nord ou encore en Malaisie, pour ne citer que quelques pays. Cette présence à l'échelle du globe, qui inclut les Etats de l'ex-Union soviétique, est liée à la création en 1992 d'une filière d'étude intitulée "Agriculture internationale". A côté de spécialisations plus classiques comme l'économie agraire, la production végétale ou animale, ou encore l'économie laitière, l'ouverture vers des contrées lointaines fait l'originalité de la HESA qui ne se contente pas de former des ingénieurs. Bon nombre de ses activités sont aujourd'hui orientées vers la recherche, le développement et les services. Que ce soit en collaboration avec d'autres institutions éducatives, universitaires ou avec des gouvernements. Et les problèmes ne surgissent pas toujours où l'on pense.

Technologie et économie: un équilibre fragile

Lors des interventions dans les pays en développement, la technique n'est pas ce qui donne le plus de fil à retordre. En général, le bât blesse sitôt que l'on touche à la compatibilité avec la politique agricole du lieu. Un exemple: au Cameroun, se posait la question d'aménager des installations de stockage de maïs, motivée par l'espoir d'un meilleur bénéfice économique à moyen terme. D'aucuns prétendaient qu'entre le moment de la récolte et la période de pénurie qui le suivait, les cours du maïs peuvent varier du simple au double. Seulement voilà: ce raisonnement ne se vérifie pas systématiquement. Du coup, investir dans le stockage se serait avéré économiquement risqué.

Au chapitre d'autres expériences africaines, citons celle que mène au Burkina Faso un groupe de chercheurs sous la direction de Gil Ducommun, professeur de développement rural et directeur de la filière "Agriculture internationale". Le projet consiste à faciliter la conversion de denrées traditionnelles telles que le millet, le sorgho ou le niébé, en cultures commercialement intéressantes. Cette transition est déjà en cours. "C'est ce qu'on appelle une conversion de culture de subsistance en culture de rente", précise Urs Scheidegger. Là aussi, des stratégies doivent être développées afin d'augmenter le rendement économique tout en préservant la fertilité des sols.

Du côté de l'Asie, la HESA est également très active. Responsable de la recherche appliquée et du développement, Harald Menzi supervise, avec le soutien de la FAO (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture), un programme concernant la gestion des excréments porcins en zone suburbaine, où se concentrent 10'000 à 20'000 animaux au sein d'une même exploitation! Le chercheur de Zollikofen travaille à la mise en place d'une structure permettant l'évacuation de ces déchets vers des exploitations agricoles où ils seront utilisés comme fertilisant. Il prodigue des conseils dans trois pays: la Thaïlande, la Chine et le Vietnam. Commencé en 2000, le projet devrait sans aucun doute durer une dizaine d'années.



Harald Menzi peut être fier du rayonnement international de la HESA, notamment en Afrique et en Asie

Activités régionales

Même s'il reste concerné par les problèmes au-delà des frontières, l'établissement suisse n'en oublie pas pour autant les préoccupations régionales. Ainsi en est-il de programmes de recherche comme PROMI qui avait pour mission d'élaborer des modes de production laitière plus concurrentiels et qui s'est achevé en automne 2000. La HESA a invité les producteurs laitiers du Plateau suisse à renoncer durant l'été à alimenter en fourrage les vaches dans les étables –en plus des heures passées sur les pâturages–, pratique fortement répandue dans la profession. Après quatre ans d'étude, les experts ont démontré que laisser paître les bêtes en continu sur du gazon court constituait la meilleure solution. Les avantages se sont révélés plus que convaincants: réduction du travail, animaux plus tranquilles, gazon épais et résistant au piétinement.

Une Haute Ecole orientée vers la pratique

Avec l'Ecole polytechnique fédérale de Zurich (EPFZ), la HESA est la seule école suisse à proposer une formation de niveau universitaire en agronomie. Elle offre aussi l'opportunité de suivre les cours en internat, avec les 130 chambres individuelles mises à disposition des étudiants. A la différence de l'EPFZ, l'enseignement qu'elle dispense est résolument orienté vers l'application des connaissances sur le terrain. D'ailleurs, pour s'y inscrire, être motivé par les métiers de la terre ne suffit pas: un minimum de connaissances pratiques est exigé.

Il existe deux moyens d'accéder à la HESA. La plupart des étudiantes et étudiants –deux tiers– sont porteurs d'une maturité professionnelle obtenue à la suite d'un apprentissage d'agriculteur de deux ans, suivi d'une année d'étude dans un lycée agricole. Quant au tiers restant, il s'agit de titulaires d'une maturité gymnasiale, à qui l'on demande de compléter leur cursus par un stage d'un an dans une exploitation agricole reconnue par l'Ecole de Zollikofen.

Plus qu'une formation, la HESA dispense à ses futurs diplômés des connaissances qui leur permettent de concilier rendement économique avec respect de l'environnement, dans une perspective de développement durable. Répondant à ce vœu de modernité, la HESA a concentré sur trois ans un enseignement de type modulaire. Les personnes s'inscrivent à des cours qui s'étendent sur une durée allant d'une semaine à un semestre, suivant l'intensité voulue. Grâce à cette structure modulaire, la HESA peut proposer des échanges avec des établissements similaires des pays de l'Union européenne.

Des fonds externes pour la recherche

Depuis 1999, la HESA, à l'image de toutes les autres Hautes écoles spécialisées (HES) de Suisse, a dû amorcer un virage décisif dans ces objectifs. Depuis cette date en effet, ces établissements ne doivent plus se contenter d'enseigner. Ils ont aussi pour mandat de mener à bien des projets de recherche scientifique. L'engagement d'un responsable de la recherche appliquée et du développement, Harald Menzi, répond aux exigences de cette nouvelle orientation. Car, à la différence des universités, de l'EPFZ ou des stations fédérales, le budget d'une HES ne comprend pratiquement pas de subventions réservés à la recherche scientifique. Du coup, ce nouveau pan d'activités doit être principalement financé par des fonds externes. Le rôle de Harald Menzi consiste à réunir ces fonds, et à coordonner ces projets.

"Nous pouvons être fier de notre progression dans ce domaine, se réjouit ce dernier. En 1999, le nombre de postes réservés à la recherche ne dépassait pas 4 ou 5. Aujourd'hui, en 2002, on en compte 12 à 15 avec plus de 25 personnes impliquées, tandis que les fonds externes disponibles ont progressé d'un facteur huit à dix pour atteindre environ un million de francs."



Au Cameroun, un cours sur la culture du manioc est dispensé aux paysans



Dans la serre tropicale de la HESA, les ravages de la mouche blanche sont contrôlés par des moyens naturels

Agenda

Graduate School courses

«Effective public speaking»

Prof. Marcel Lucien Goldschmid, EPFL
October 4, 2002 (and 1/2 day t.b.d.)
University of Neuchâtel, Uni Mail, Institut de chimie, room B1

«"Safe data mining": applied statistical regression modelling for biologists using R»

Dr. Diego Kuonen, EPFL and Statoo Consulting, Lausanne
October 24 and 31, November 7 and 14, 2002

University of Neuchâtel, Uni Mail, Institut de chimie, room B1

Seminars

«Sugar transport and signalling during grape berry ripening: the example of a hexose transporter gene expression»

Prof. Rossitza Atanassova, University of Poitiers (France)
June 21, 2002
13:30 - 14:30
University of Neuchâtel, Uni Mail, B-wing, room B316

«The role of ethylene in resistance of tobacco to pathogens»

Prof. L. C. van Loon, Utrecht University (The Netherlands)
July 9, 2002
13:30 - 14:30
University of Neuchâtel, Uni Mail, Institut de chimie, room B1

Participant Meeting

«Plant defense against biotic toxins»

June 27, 2002
13:30 - 16:30,
University of Neuchâtel, Uni Mail, Institut de chimie, room B1

More information on our website www.unine.ch/nccr

Special Events

Inauguration of the ICP-MS

June 17, 2002
16:15
University of Neuchâtel, Uni Mail, room E003
Further information: karl.foellmi@unine.ch

Expoagricole

«Vivre la recherche sur les plantes/
Pflanzenforschung erleben»
23 au 25 juillet 2002
Expo.02, Morat, secteur "Forum" (entrée libre)

www.expoagricole.ch

F te La Terre

«La plante dans tous ses états»
24 et 25 août 2002
Cernier (NE)

www.ne.ch/FetelaTerre/

PS News

R dacteur responsable
Igor Chlebny
NCCR *Plant Survival* Communication Officer

E-mail: igor.chlebny@unine.ch
T l. +41 32 718 2507 Fax: +41 32 718 2501
www.unine.ch/nccr



Université de Neuchâtel

L' Université de Neuchâtel est l'institution hôte
du PRN *Survie des plantes*



SCIENTIFIC RESEARCH
FONDATION NATIONALE
SUISSE National Science Foundation