

## Proposition d'une démarche pour la conception et l'évaluation d'idéotypes de plantes

Le concept d'idéotype a été proposé au départ par C.M. Donald (1968) comme support de réflexion pour renouveler les approches de sélection empiriques de type 'sélection pour le rendement' ou 'élimination de défauts'. Littéralement, le terme 'idéotype' signifie 'une forme représentant une idée' (Zeven, 1975). Appliqué aux plantes agricoles, un idéotype est donc un type de plante correspondant à une idée. Il ne s'agit pas nécessairement d'une plante 'idéale' comme cela est parfois mal traduit. Plus globalement, Donald (1968) définit l'idéotype comme 'un modèle biologique dont on attend qu'il se comporte d'une manière prédictible dans un environnement défini'. La notion de 'plante modèle' est sous-jacente à cette définition de l'idéotype. Elle offre un espace de réflexion pour raisonner la sélection de manière plus formalisée et détaillée que la sélection traditionnelle sur objectifs globaux (Sedgley, 1991 ; Rasmusson, 1991). La sélection sur idéotype (« ideotype breeding ») a été initialement développée sur plantes annuelles, principalement en céréales (Mock et Pearce, 1975 ; Rasmusson, 1987 ; Peng et al., 2008 ; Hanocq et al., 2009), et s'est progressivement étendue à certaines espèces forestières ou fruitières (Dickmann et al., 1994; Socias et al., 1998 ; Lauri et Costes, 2005; Cilas et al., 2006).

Dans le cadre de ce séminaire, nous proposons de définir un idéotype de plante de la façon suivante : « une combinaison optimale de caractères morphologiques et physiologiques ou de leurs déterminants génétiques conférant à un matériel végétal une adéquation satisfaisante à un environnement, à un mode de production et d'utilisation donné » (définition issue de l'école chercheur INRA-Cirad intitulée « Conception d'idéotypes de plantes pour une agriculture durable »).

Pour construire des idéotypes de plantes, nous proposons une démarche en trois grandes étapes. La première étape (cadre Objectifs) consiste à définir un ou plusieurs cahiers des charges pour les idéotypes de plantes, la deuxième étape (cadre Conception) consiste à concevoir puis à construire des idéotypes susceptibles de répondre à ce(s) cahier(s) des charges et la troisième étape (cadre Evaluation) consiste à évaluer l'adéquation des idéotypes construits avec les cahiers des charges précédemment définis. Le processus n'est pas linéaire, les étapes de construction-évaluation donnent lieu à des boucles de progrès, les idéotypes pouvant évoluer selon les résultats de leur évaluation.

### Définition des cahiers des charges

Toute démarche de conception/évaluation d'idéotypes sera fortement marquée par les acteurs qui participent à cette démarche et le contexte dans lequel elle se construit. La démarche est généralement initiée par un petit nombre d'acteurs motivés par la production de nouvelles variétés adaptées à un territoire et/ou une utilisation défini(es). Il leur appartient en premier lieu de définir le contexte d'utilisation de leurs nouvelles variétés (**cadre contexte**). Il s'agit notamment de définir :

- Le contexte environnemental et agronomique : Quelle zone géographique est ciblée (région, pays, continent...) ? Quelles sont les conditions biotiques et pédoclimatiques dans lesquelles seront cultivées ces variétés (gammes plus ou moins larges) ? Quelle est la variabilité spatiale et temporelle de ces conditions environnementales ? Quels sont les systèmes de production ciblés (conventionnels, biologiques, intégrés...) ?
- Le contexte économique : Quels sont les débouchés ? Quels sont les filières et les acteurs économiques ciblés (agriculteurs, coopératives, industriels, consommateurs...) ? Quel est le

contexte économique dans ces filières ? Quelles sont les propriétés technologiques attendues par les filières ?

- Le contexte écologique : Quel est le niveau « d'intensification écologique » recherché, fondé sur quels critères ?
- Le contexte social, politique et réglementaire : Quelles sont les réglementations en vigueur dans la zone géographique et pour le type d'utilisation pressentie ? Y-a-t'il une pression sociale et/ou des orientations politiques particulières à prendre en compte ?

Les éléments contextuels peuvent être extrêmement nombreux. Dans la pratique, il peut être nécessaire de restreindre le contexte à quelques spécifications particulières ; il est cependant important de garder en mémoire l'ensemble des éléments contextuels de manière à limiter le risque de s'orienter vers des variétés mal adaptées à la demande. Une difficulté majeure dans la définition du contexte est que ce dernier est évolutif et que la vitesse d'évolution de certains éléments du contexte peut être plus rapide que le pas de temps nécessaire à la création de variétés. Il faudra donc bien souvent considérer plusieurs scénarios contextuels, en les basant autant que possible sur des études prospectives, raisonner certains éléments du contexte en termes de risques et chercher à identifier les éléments invariants.

La deuxième tâche des acteurs initiateurs de la démarche consiste à identifier les acteurs à impliquer dans la démarche (**cadre acteurs clefs**). Devront être représentés les principaux acteurs ayant un impact sur l'avenir potentiel des nouvelles variétés dans le contexte d'utilisation préalablement défini. Parmi eux, nous comptons les obtenteurs des nouvelles variétés (sélectionneurs...), les utilisateurs (agriculteurs, coopératives, industriels, consommateurs), les préconisateurs (instituts techniques, coopératives, négoce, chambres d'agriculture, industriels...) ou encore des acteurs plus institutionnels orientant fortement la sélection (CTPS, ministère de l'agriculture...). Le groupe de réflexion devra aussi inclure des scientifiques ayant des compétences en génétique, en agronomie, en écophysiologie, en pathologie, en entomologie mais aussi en sciences sociales (économie, sociologie...).

L'étape suivante, consiste, pour le groupe d'acteurs formé, à préciser, dans le contexte préalablement défini, leurs **contraintes** (techniques, humaines, calendaires...) et leurs **motivations** (maximiser les revenus, stabiliser la production, améliorer la qualité du produit, limiter les intrants...).

Des contraintes et motivations des acteurs appliquées au contexte de l'étude découlent des **cahiers des charges** pour la plante/le couvert. Un cahier des charges peut ici être défini comme un ensemble hiérarchisé d'objectifs fixés pour la plante/le couvert permettant, dans un contexte donné, de répondre aux attentes des acteurs. Ce cahier des charges ne doit pas être confondu avec la description d'un idéotype. En effet, les objectifs fixés dans un cahier des charges sont généralement des propriétés ou valeurs d'usage pour lesquelles il est attendu une amélioration (rendement, résistance aux maladies ou à la sécheresse...) alors qu'un idéotype doit se traduire par une description fine des mécanismes (morphologiques, physiologiques, moléculaires...) susceptibles de permettre aux plantes d'atteindre ces objectifs. Ainsi, pour chaque cahier des charges établi, plusieurs idéotypes de plante peuvent être proposés. Chaque cahier des charges est un consensus entre plusieurs acteurs dont les contraintes et motivations donnent lieu à des objectifs qui peuvent être convergents ou divergents et qu'il faut s'attacher à satisfaire au mieux.

On trouve dans la littérature des exemples de cahiers des charges pour des idéotypes de plantes adaptés à des contextes de production particuliers (Van Bueren et al., 2002 ; Desclaux et al., 2009 ; Makanda et al., 2011). La définition de ces cahiers des charges passe généralement par des enquêtes individuelles auprès des acteurs ainsi que des réunions de concertation et de définition de stratégies entre les acteurs. Ces derniers peuvent s'appuyer sur des études prospectives pour lesquelles des méthodologies exploratoires sont de plus en plus formalisées. Des outils d'aide à la décision de type évaluation multi-critères comme DEXi (Bohanec et al., 2000 ; Bohanec, 2009) peuvent aussi être très utiles pour formaliser la hiérarchisation des objectifs dans un ensemble de contraintes.

### Conception d'idéotypes de plantes

Pour chacun des cahiers des charges produits, la conception d'idéotypes se fait ensuite selon trois grandes étapes :

Dans un premier temps, est élaborée une **représentation conceptuelle** de la plante/du couvert que l'on cherche à obtenir. Cette représentation s'apparente à un ensemble hiérarchisé de stratégies permettant de répondre aux différents éléments du cahier des charges. Par exemple, pour éviter des stress hydriques de fin de cycle, on pense qu'il peut être intéressant d'avancer la date de floraison ou de maturité ; pour augmenter le rendement, on pense qu'il peut être utile d'augmenter la densité de peuplement et en conséquence de limiter la compétitivité entre plantes tout en renforçant la résistance à la verse ; pour améliorer la qualité des fruits, on pense qu'il faut agir sur l'architecture de l'arbre en favorisant un éclairage maximal de l'ensemble des branches et une répartition optimale des fruits. Pour élaborer cette représentation conceptuelle, les acteurs pourront s'appuyer sur des connaissances scientifiques formalisées (issues de l'expérimentation, de la modélisation), des connaissances expertes, des observations de terrain ou sur des intuitions issues du vécu de chaque acteur. Il est important de noter que pour innover, il faut quelque fois sortir des connaissances acquises et qu'à ce stade, nous ne posons pas encore la question de la mise en œuvre du concept établi ni même de sa faisabilité.

Une fois cette représentation conceptuelle établie, l'étape de construction de l'idéotype commence. L'ensemble des **caractères cibles potentiels** qui permettraient de mettre en œuvre les stratégies établies à l'étape précédente sont identifiés (vitesse de croissance, port de la plante, phénologie, mécanismes de résistance aux stress biotiques et abiotiques...). La possibilité d'agir sur chaque caractère d'intérêt sera évaluée. Deux grands types de leviers sont envisagés pour agir sur les caractères d'intérêt :

- les **leviers techniques** issus de la conduite culturale (application d'un régulateur de croissance, date et densité de semis, taille...) ou des processus de transformation industrielle (process de panification...) qui pourront être évalués selon leur faisabilité, leur opérationnalité et leur efficacité ;
- les **leviers génétiques** mis en œuvre par la sélection (caractères morphologiques et phénologiques variés, tolérances à différents stress biotiques et abiotiques...) qui pourront être évalués en termes de variabilité génétique et d'héritabilité associées à chaque caractère.

Ce travail permet de **sélectionner** les caractères élémentaires de la plante les moins difficiles à actionner (par la technique ou la génétique) et les plus efficaces pour atteindre les objectifs fixés dans le cahier des charges. La **combinaison** des caractères élémentaires devra faire l'objet d'une analyse des **synergies** et **antagonismes** qui existent entre eux (corrélations génétiques et

environnementales). Certains caractères peuvent en effet avoir une action positive sur certains éléments du cahier des charges et négatives sur d'autres éléments. Par exemple, dans le cas du pommier, un port architectural 'centrifuge' va favoriser la pénétration de la lumière dans l'arbre et la coloration des fruits ; Ce port semble aussi permettre de limiter les épidémies de tavelure, mais dans le même temps il semble favoriser le carpocapse. Ce travail permettra finalement de définir des **idéotypes variétaux** généralement associés à des **idéotypes cultureaux**. Ces idéotypes cultureaux sont des combinaisons de techniques (culturelles ou de transformation) impactant certains des caractères phénotypiques élémentaires qui définissent les idéotypes de plantes choisies. Ils ne sont donc qu'une partie de l'itinéraire technique prévisionnel. En effet, certaines interventions qui impactent exclusivement l'environnement de culture (une grande partie des applications de pesticides par exemple) n'en font pas partie. Ces éléments de l'itinéraire technique doivent être considérés durant la phase de définition du cahier des charges et plus précisément lors de la description des conditions de culture (cadre contexte environnemental et agronomique) qui résultent d'une interaction entre une conduite et un environnement.

Cette étape de conception et particulièrement de construction des idéotypes fait appel à des connaissances variées notamment en génétique, en agronomie, en écophysiologie, en entomologie et en pathologie, souvent issues de l'expérimentation et qui peuvent être formalisées grâce à des outils de modélisation (mécaniste, statistique, décisionnelle...). Cette étape permettra souvent d'identifier des verrous de connaissances qui pourront donner lieu à de nouvelles études.

D'un point de vue pratique, la conception d'un idéotype de plante se fera généralement de manière itérative. Les objectifs du cahier des charges seront considérés successivement selon leur niveau d'importance pour les acteurs. L'idéotype évoluera donc graduellement à la lumière des résultats de son évaluation.

#### Evaluation de l'idéotype

Une fois les idéotypes conçus, leur capacité à répondre aux objectifs spécifiés dans les cahiers des charges doit être évaluée. Pour chaque cahier des charges, des **critères d'évaluation** seront **définis et hiérarchisés**. Il s'agira d'établir des indicateurs permettant de juger du niveau de satisfaction de chacun des objectifs du cahier des charges. Cette grille d'évaluation servira à **évaluer les idéotypes** produits et à ne conserver que ceux qui présentent un niveau de satisfaction global du cahier des charges acceptable. Pour établir ce niveau de satisfaction global, différentes méthodes d'évaluations multicritères pourront être mobilisées (DEXi, surclassement de synthèse...). Cette évaluation sert aussi à identifier les éléments du cahier des charges qui nécessitent un travail supplémentaire, elle permet de modifier la représentation conceptuelle de l'étape précédente et alimente ainsi une boucle de progrès. Nous voyons ici qu'il est important que les objectifs listés dans le cahier des charges soient définis de manière assez exhaustive pour que l'évaluation puisse se faire sur une gamme de critères suffisamment large. En effet, même si la conception d'idéotypes est largement basée sur quelques objectifs identifiés comme prioritaires dans le cahier des charges, tous les objectifs donneront lieu à une évaluation et permettront d'accéder à une connaissance plus fine de l'idéotype produit. L'élargissement des services écosystémiques attendus de l'activité agricole pourrait, par exemple, diversifier dans l'avenir les critères d'évaluation des idéotypes variétaux.

- Bohanec M., Zupan B., Rajkovic V., 2000. Applications of qualitative multi-attribute decision models in health care. *International Journal of Medical Informatics* 58: 191-205.
- Bohanec M., 2009. DEXi: program for multi-attribute decision making, Version 3.02. Jozef Stefan Institute, Ljubljana. <http://www-ai.ijs.si/MarkoBohanec/dexi.html>.
- Cilas C., Bar-Hen A., Montagnon C., Godin C., 2006. Definition of architectural ideotypes for good yield capacity in *Coffea canephora*. *Annals Bot.* 97: 405–411.
- Desclaux D., Chiffolleaux Y., Nolot J.M., 2009. Pluralité des agricultures biologiques : Enjeux pour la construction des marchés, le choix des variétés et les schémas d'amélioration des plantes. *Innovations Agronomiques* 4: 297-306.
- Dickmann D.I., Gold M.A., Flore J.A., 1994. The ideotype concept and the genetic improvement of tree crops. *Plant Breed. Rev.* 12: 163-193.
- Donald, 1968. The breeding of crop ideotype. *Euphytica* 17: 385-403.
- E. Hanocq, M.H. Jeuffroy, I. Lejeune-Hénaut, N. Munier-Jolain, 2009. Construire des idéotypes pour des systèmes de culture variés en pois d'hiver. *Innovations Agronomiques* 7: 14-28
- Lauri P.E., Costes E., 2005. Progress in whole-tree architectural studies for apple cultivar characterization at INRA, France - Contribution to the ideotype approach. *Acta Horticulturae* 663: 357-362.
- Makanda I., Derera J., Tongoona P., Sibiya J., 2011. Development of sorghum for bio-energy : a view from the stakeholders and priorities for breeding dual purpose varieties. *African Journal of Agricultural Research* 6: 4477-4486.
- Mock J.J., Pearce R.B., 1975. An ideotype of maize. *Euphytica* 24: 613-623.
- Peng S., Khush G.S., Virk P., Tang Q., Zou Y., 2008. Progress in ideotype breeding to increase rice yield potential. *Field Crop Res* 108: 32-38.
- Rasmusson, D.C., 1987. An evaluation of ideotype breeding. *Crop Science.* 27: 1140-1146.
- Rasmusson, D.C., 1991. A plant breeder's experience with ideotype breeding. *Field Crops Research.* 26: 191-200.
- Sedgley R.H., 1991. An appraisal of the Donald ideotype after 21 years. *Field Crops Research* 26: 93-112.
- Socias R., Felipe A.J., Gómez Aparisi J., García J.E., Dicenta F., 1998. The ideotype concept in almond. *Acta Hort.* 470: 51-56.
- Van Bueren E.T.L., Struik P.C., Jacobsen E., 2002. Ecological concepts in organic farming and their consequences for an organic crop ideotype. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 50, 1-26
- Zeven A.C., 1975. Editorial: idiotype and ideotype. *Euphytica* 24: 565.