

Le «Protected Site» – sept ans de recherche en plein champ sur des plantes génétiquement modifiées

Susanne Brunner, Jörg Romeis, Andrea Patocchi et Roland Peter
Agroscope, 8046 Zurich, Suisse

Renseignements: Susanne Brunner, e-mail: susanne.brunner@agroscope.admin.ch

<https://doi.org/10.34776/afs12-9f> Date de publication: 4. Février 2021



L'aire du «Protected Site» (site protégé) est clôturée, gardée et surveillée afin de protéger de la destruction les essais en plein champ qui y sont pratiqués sur des plantes génétiquement modifiées. (Photo: Mario Waldburger, Agroscope)

Résumé

En 2014, le «Protected Site», une aire d'essai sécurisée d'Agroscope, a été mis en service sur le site de Reckenholz (ZH). Depuis lors, ce site offre une opportunité unique en Europe pour la recherche en plein champ sur des plantes génétiquement modifiées (PGM) – dans des conditions de biosécurité strictes et avec des normes de sécurité maximales, dans le but également d'éviter que les essais ne soient détruits. La mise en place d'un site protégé est le résultat d'un large consensus politique visant à permettre les essais en plein champ avec des PGM en dépit du moratoire sur les PGM en vigueur en Suisse depuis 2005, garantissant ainsi la liberté de la recherche dans le domaine des végétaux. Le site protégé vise, d'une part, à permettre la recherche fondamen-

tale sur des gènes individuels ou des combinaisons de gènes ainsi que sur les PGM et leurs interactions avec l'environnement. D'autre part, ce site est également destiné à promouvoir la recherche appliquée qui étudie l'utilité et les risques des PGM pour l'agriculture suisse. Ces activités de recherche permettent de réunir des expériences et des appréciations concernant les PGM en Suisse. Ces connaissances permettront à l'avenir d'évaluer et d'apprécier de manière différenciée l'application des nouvelles méthodes de sélection, par exemple l'édition génomique.

Key words: genetically modified plants, field trial, Protected Site, plant research, moratorium.

La naissance du «Protected Site»

Les premiers essais en plein champ sur des plantes génétiquement modifiées (PGM) ont été réalisés en France et aux États-Unis en 1986. Peu après, des chercheurs-euses en Belgique, au Royaume-Uni et au Chili ont également commencé à travailler sur le sujet (James & Krattiger, 1996). La première culture commerciale d'un tabac génétiquement modifié résistant aux virus a été mise en place en Chine en 1992 (James & Krattiger, 1996). Deux ans plus tard, le premier produit issu d'une culture génétiquement modifiée a été commercialisé aux États-Unis. Il s'agissait d'une tomate à durée de conservation plus longue (tomate Flavr-Savr; Martineau, 2001). Aujourd'hui, des variétés GM (principalement de soja, de maïs, de coton et de colza) sont cultivées sur 13 % des terres arables dans le monde (ISAAA, 2019).

Dans la recherche suisse sur les plantes, qui comptait et compte encore parmi les meilleures dans le monde, les nouvelles possibilités de transformation des plantes ont été très vite utilisées et développées. Les premiers essais en plein champ sur des PGM en Suisse ont eu lieu en 1991 et 1992 (Malnoë *et al.*, 1994). Les plantes testées, des pommes de terre résistantes aux virus, ont été développées et étudiées par Agroscope sur le site de Changins (qui était alors encore la RAC, station de recherche de Changins). Ce n'est qu'en 2004, et après des années de lutte pour obtenir une autorisation de dissémination, qu'un essai en plein champ de l'EPF avec du blé de printemps a pu être effectué à la station de recherche de l'EPF à Lindau-Eschikon (ZH) (Schlaich *et al.*, 2006). L'essai, qui a été un succès sur le plan scientifique et a fait l'objet d'une vaste couverture médiatique, a été réalisé dans le respect de normes environnementales extrêmement strictes (Schlaich *et al.*, 2007; Fisch, 2013).

De 2008 à 2010, d'autres essais en plein champ avec des PGM ont eu lieu en Suisse dans le cadre du Programme national de recherche «Utilité et risques de la dissémination des plantes génétiquement modifiées» (PNR 59) (www.pnr59.ch). Chez Agroscope, sur les sites de Reckenholz (ZH) et de Pully (VD), la résistance à l'oïdium et le rendement de différentes lignées de blé GM de l'Université de Zurich et de l'EPF Zurich ont été étudiés dans le cadre de deux projets (Mascher *et al.*, 2012). Six autres projets portaient sur les questions de biosécurité en lien avec ces lignées de blé (Foetzki *et al.*, 2011). Au cours de la première année d'essais (2008), une grande partie des parcelles du site de Reckenholz a été vandalisée. À Pully, les essais ont subi des attaques moins graves pendant les deux années (2009-2010). Les études sur le terrain n'ont donc pu être poursuivies que grâce à une

surveillance très coûteuse (Bernauer *et al.*, 2011; Romeis *et al.*, 2013). Ces attaques étaient loin d'être les seules en Europe: surtout en France et en Allemagne, mais aussi en Angleterre, en Italie et en Belgique, des essais en plein champ avec des PGM réalisés par des organismes de recherche universitaires ou publics ont à plusieurs reprises fait l'objet de destructions depuis la fin des années 1990 (Gómez-Galera *et al.*, 2012; Kuntz, 2012). Ces actions ont conduit à un recul significatif des essais et à un appel à leur protection (Atkinson & Urwin, 2008).

L'une des conclusions et recommandations centrales du PNR 59 était que les essais en plein champ sur des PGM étaient importants pour la Suisse en tant que site de recherche et que leur réalisation devait être rendue possible en faisant en sorte que le coût élevé des mesures de sécurité requises pour la mise en place de parcelles d'essais sécurisées ou «Protected Sites» ne soit plus financé uniquement par les fonds de recherche (Bernauer *et al.*, 2011; Comité de direction du PNR 59, 2012). En conséquence, la construction et la mise en service d'un «Protected Site » sur le site d'Agroscope à Reckenholz à titre d'infrastructure de recherche ont été incluses dans le Message relatif à l'encouragement de la formation, de la recherche et de l'innovation (Message FRI) de 2013, qui a été adopté par les Chambres fédérales en 2012. Depuis lors, l'exploitation d'un «Protected Site » fait partie du mandat de prestations d'Agroscope et est financée par les pouvoirs publics à raison d'un budget annuel de 750 000 francs.

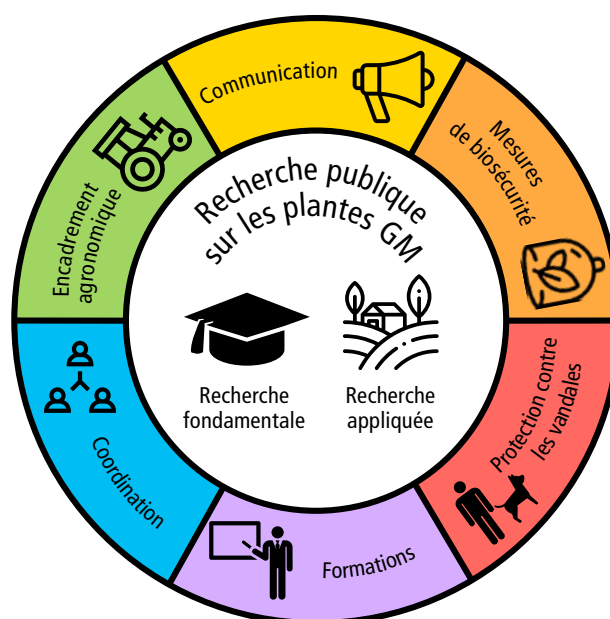


Fig. 1 | Activités d'Agroscope en qualité de gestionnaire du «Protected Site». (Icônes: www.freepik.com et www.cleanpng.com)

En 2005, les électeurs suisses ont décidé la mise en place d'un moratoire de cinq ans sur la culture commerciale des PGM. Depuis lors, ce moratoire a été prolongé trois fois par le Parlement, la dernière fois jusqu'à fin 2021. En novembre 2020, le Conseil fédéral a proposé de prolonger le moratoire de quatre années supplémentaires. La recherche, y compris les essais en plein champ, sont explicitement exclus de ce moratoire, notamment pour pouvoir étudier les avantages et les inconvénients des PGM et pour assurer la liberté de recherche en Suisse dans le domaine des végétaux.

Quelles prestations le «Protected Site» offre-t-il?

Agroscope a mis en place le site protégé sur des parcelles d'essai sur le site de Reckenholz (ZH) et l'a mis en service en mars 2014. En plus de sa fonction de gestionnaire de cette plate-forme expérimentale, Agroscope en est également l'utilisateur. En tant que gestionnaire, Agroscope a plusieurs missions (fig. 1): il assure avant tout la protection du site d'essai au moyen de clôtures, d'une surveillance et d'un gardiennage permanents ainsi que d'un système d'alarme. L'exploitation du «Protected Site» comprend également l'encadrement des essais de terrain sur le plan agronomique, par exemple le travail du sol, le semis, la fertilisation, la récolte et les traitements phytosanitaires. Agroscope est également fortement impliqué dans l'application des mesures de biosécurité soit par la formation obligatoire des personnes participant aux essais en plein champ, soit par des mesures sur

le terrain, telles que le nettoyage des machines et des outils ou l'installation de filets anti-oiseaux. Les essais en plein champ sur le «Protected Site», permettent aux chercheurs-euses, à l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) et à autres institutions d'acquérir de l'expérience en vue de l'application des dispositions légales, de tester dans la pratique les mesures de biosécurité prescrites et de répondre à des questions ouvertes sur une base scientifique.

La coordination technique et scientifique (planification des essais et échanges techniques entre les différents groupes de recherche) fait également partie des responsabilités d'Agroscope. Ce dernier joue en outre un rôle important dans la communication en informant le grand public par des communiqués de presse, des visites guidées et son propre site web (www.protectedsite.ch), en accord et en collaboration avec les chercheurs-euses. Par conséquent, le «Protected Site» est également devenu un site de référence pour les journalistes qui travaillent sur la question du génie génétique.

Essais en plein champ sur le «Protected Site»

La surface d'environ trois hectares du «Protected Site» est divisée en une parcelle entièrement recouverte de filets (23 acres) qui a été employée pour un essai avec des pommiers GM, et quatre autres parcelles de 60 acres environ qui peuvent être utilisées pour les grandes cultures. Jusqu'à présent, chaque année, des PGM ont été cultivées sur deux de ces quatre parcelles avec une rotation

2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Caractéristique cible
						Maïs	Résistance fongique
						Orge	Résistance fongique
			Blé d'automne				Augmentation du rendement
		Pommiers					Résistance au feu bactérien
	Pommes de terre						Résistance au mildiou
Blé de printemps							Résistance à l'oïdium

Fig. 2 | Période des essais en plein champ, culture et caractéristiques cibles des PGM qui ont été étudiées sur le «Protected Site» jusqu'à aujourd'hui.

des cultures sur quatre ans. Il est important de maintenir une rotation des cultures aussi proche que possible de la pratique afin de préserver la fertilité des sols et d'obtenir des résultats pertinents pour la pratique. En outre, les surfaces doivent être utilisées de manière à ce que les conditions fixées dans chacune des autorisations de dissémination en ce qui concerne le post-traitement de la parcelle d'essai (p. ex., la surveillance des repousses de céréales) puissent être respectées. Cela impose des limites strictes, voire empêche l'utilisation simultanée des quatre parcelles pour les essais sur les PGM.

Le nombre d'essais en plein champ avec des PGM sur le «Protected Site» a rapidement augmenté au départ, et depuis 2017, quatre projets sont menés en parallèle (fig. 2). L'essai en plein champ avec du blé d'automne génétiquement modifié (fig. 2) a permis d'étudier si l'utilisation d'un gène de l'orge pour le transport du sucre pouvait augmenter le potentiel de rendement du blé. Tous les autres essais étaient ou sont consacrés à la recherche sur la résistance des plantes aux maladies. Dans le cas du blé de printemps GM, l'objectif est de mieux comprendre le fonctionnement des gènes de résistance à l'oïdium et la manière dont ils peuvent être combinés. L'effet d'une résistance à large spectre et très durable issue du blé est testé dans de l'orge et du maïs génétiquement modifiés. Ces trois études visent à mieux comprendre les multiples interactions entre les plantes et les agents pathogènes et contribuent à la recherche fondamentale sur la résistance des cultures aux maladies. Dans la parcelle recouverte de filets, des pommiers cisgéniques¹ ont été étudiés dans lesquels on avait introduit un gène de résistance au feu bactérien issu d'un pommier sauvage afin de répondre à des questions fondamentales sur son efficacité et les éventuels effets involontaires de la résistance transférée. Les lignées de pommes de terre cisgéniques¹ dans lesquelles la résistance à l'agent pathogène responsable du mildiou a été améliorée sont un peu plus orientées vers l'application et déjà plus proches d'un produit commercial (voir encadré et fig. 3).

Les défis des essais en plein champ avec des PGM

Les PGM relèvent de la loi sur le génie génétique (LGG) et leur dissémination est régie par l'Ordonnance sur la dissémination dans l'environnement (ODE). Les essais en

¹ Au moyen de méthodes de génie génétique, les plantes cisgéniques ont reçu exclusivement des gènes provenant de la même espèce ou d'une espèce sexuellement compatible avec la culture génétiquement modifiée. Ces gènes auraient également pu être introduits par des croisements classiques. La cisgénèse, c'est-à-dire la production de plantes cisgéniques, est l'une de ce que l'on appelle les nouvelles méthodes de sélection des plantes.

Essai en plein champ sur le «Protected Site» avec des pommes de terre cisgéniques résistantes au mildiou

De 2015 à 2019, le «Protected Site» a hébergé un essai en plein champ avec des pommes de terre cisgéniques¹. Les pommes de terre cisgéniques portent jusqu'à trois gènes de résistance issus d'espèces sauvages de pommes de terre contre l'agent pathogène responsable du mildiou (*Phytophthora infestans*). Une combinaison de plusieurs gènes de résistance a conféré une résistance complète sur toutes les années d'essai, confirmant les résultats d'essais en plein champ similaires aux Pays-Bas et en Belgique (Haesaert *et al.*, 2015; Haverkort *et al.*, 2016). Alors que dans les cultures commerciales en Suisse, les plants de pommes de terre doivent être traités en moyenne 7 à 8 fois avec des produits phytosanitaires contre le mildiou pour les protéger contre cet agent pathogène agressif (SCNAT, 2018), les lignées cisgéniques n'ont présenté aucun symptôme de maladie durant ces essais, même en l'absence de protection par les pesticides (fig. 3). Comme l'agent pathogène peut difficilement passer outre la combinaison de plusieurs gènes de résistance, ces lignées de pommes de terre pourraient être cultivées sans avoir recours aux produits phytosanitaires et permettre ainsi de réduire considérablement à la fois les pertes de rendement et l'utilisation de produits phytosanitaires dans les cultures de pommes de terre.



Fig. 3 | Essai en champ avec des plants de pommes de terre cisgéniques sur le «Protected Site». Aucun fongicide n'a été utilisé pendant toute la durée de l'essai. À gauche du centre de l'image, une rangée de la variété Atlantic, fortement touchée par le mildiou. À droite, une rangée de pommes de terre Atlantic cisgéniques, totalement résistante au mildiou grâce aux deux gènes de résistance *Rpi-vnt1* et *Rpi-sto1* issus de pommes de terre sauvages. (Photo: Susanne Brunner, Agroscope)

plein champ sur des PGM sont soumis à autorisation, et une demande doit être déposée auprès de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) (fig. 4). Une telle demande est très détaillée (généralement environ 80 pages) et nécessite des connaissances spécialisées dans les domaines de la biologie (en particulier la biologie moléculaire, la botanique et l'écologie) et de l'agronomie (culture et sélection des plantes) ainsi que des connaissances juridiques de base. Avec l'essai en plein champ sur du blé en 2004, Christof Sautter, chercheur à l'EPF et responsable de l'essai, a réalisé un travail préliminaire précieux en déposant la première demande de dissémination dans le cadre de l'ODE, entrée en vigueur en 1999, qui a ensuite servi de modèle pour les trois demandes de dissémina-

tion du PNR 59. Malgré le nombre croissant d'exemples, la préparation d'une nouvelle demande mobilise toujours le travail d'un collaborateur scientifique pendant environ 5 à 6 mois.

Ainsi, par rapport aux essais en plein champ sans PGM, un travail préliminaire considérable doit être effectué pour la préparation de la demande de dissémination. La nécessité d'une autorisation a deux autres conséquences: tout d'abord, l'expérience montre qu'il faut compter 6 à 7 mois entre le dépôt de la demande et la décision d'autorisation, c'est-à-dire le moment où l'essai en plein champ peut commencer au plus tôt. Pendant cette période, l'OFEV vérifie que la demande est complète et publie le dépôt de la demande dans la Feuille

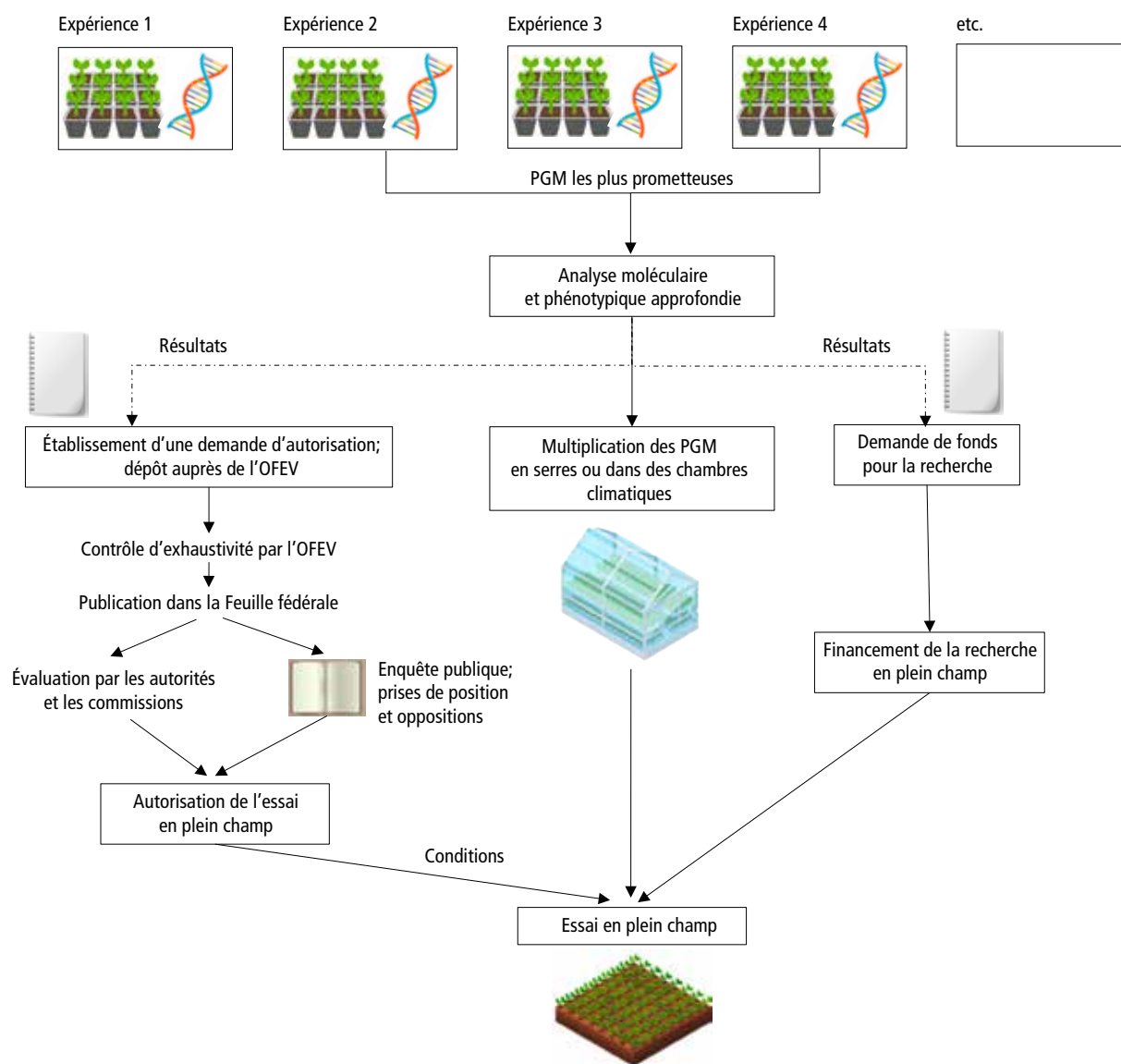


Fig. 4 | Travaux préparatoires nécessaires pour la réalisation d'un essai en plein champ sur des PGM (OFEV: Office fédéral de l'environnement). (icônes: www.freepik.com, design de Macrovector)

fédérale, date à partir de laquelle commencent à courir les délais pour les prises de position de trois autres offices fédéraux, de deux commissions fédérales d'experts, d'un office cantonal spécialisé et du public. Une fois le délai écoulé, l'OFEV examine toutes les prises de position reçues et les éventuelles demandes de la reconnaissance de la qualité de partie², procède à une évaluation finale et rédige la décision assortie d'une autorisation éventuelle (fig. 4). Un retard de quelques semaines dans ces processus peut faire rater la date de semis ou de plantation et faire que l'essai ne pourra pas commencer avant l'année suivante.

Pour la préparation d'un essai de dissémination, il est également essentiel que les personnes particulièrement concernées aient un statut de partie dans la procédure d'autorisation, c'est-à-dire qu'elles aient le droit de s'opposer à l'essai et à la décision de l'OFEV. Jusqu'à présent, le statut de partie a été reconnu dans le cadre de trois essais. Dans les trois cas, la procédure d'autorisation a duré considérablement plus longtemps, de sorte que dans chaque cas, les essais n'ont pu commencer qu'une saison plus tard que prévu.

Bien qu'on ne sache pas si et quand un essai de dissémination sera autorisé, l'idéal serait que les chercheurs-euses entament la procédure de demande de dissémination, la demande du financement de la recherche ainsi que la multiplication des PGM en parallèle afin de ne pas perdre de temps (fig. 4). De tels objectifs sont généralement difficiles à réaliser dans le cadre d'un projet de recherche traditionnel.

Si une autorisation de dissémination est accordée après examen de la demande, elle est toujours assortie de conditions. Le but de ces conditions est de minimiser la probabilité que des PGM soient disséminés en dehors de la parcelle d'essai ou même soient introduites dans la chaîne alimentaire. Selon l'essai, ces mesures peuvent nécessiter des compromis mineurs ou majeurs dans les études scientifiques. Dans le cas des pommiers GM, par exemple, il a fallu empêcher la floraison voire la propagation de leur pollen. Bien que des pommes individuelles aient pu être produites en enlevant les anthères et en pollinisant ensuite les fleurs à la main avec du pollen non GM, il n'a pas été possible de relever des données sur le rendement en fruits dans ces conditions. Une particularité en Suisse est que les essais en plein champ avec des PGM portant un marqueur de résis-

tance aux antibiotiques (MRA)³ sont interdits si l'antibiotique en question est utilisé en médecine humaine ou vétérinaire. Ce règlement exclut de nombreuses PGM des essais en plein champ en Suisse. De ce fait, la collaboration internationale dans ce domaine s'en trouve considérablement restreinte pour les chercheurs suisses. Jusqu'à présent, au moins trois projets ont dû renoncer à déposer une demande de dissémination pour le «Protected Site».

Conclusion et perspectives

A ce jour, six essais en plein champ de plusieurs années sur des PGM sont en cours ou ont été réalisés sur le «Protected Site». Jusqu'à présent, tous les essais se sont déroulés sans incident et ont permis de générer de nouvelles connaissances fondamentales et des connaissances pour l'application agricole. Grâce au «Protected Site» et comme prévu, les responsables d'essais ont également pu être partiellement déchargés de la mise en place des conditions de biosécurité, de la coordination et de la communication. Globalement, c'est donc une plate-forme fonctionnelle qui est ainsi mise à la disposition de la communauté des chercheurs-euses et qui permet de mener des recherches en plein champ dans des conditions fiables, tout en informant le public de manière transparente et accessible aux parties intéressées et aux médias – dans l'esprit d'une vitrine ouverte sur la recherche sur les PGM.

L'avenir de la recherche en plein champ sur les PGM dépendra de la prolongation ou pas du moratoire sur la culture des PGM, qui expire en 2021. Même si la recherche en plein champ continuera à être possible en cas de prolongation, la recherche appliquée aurait moins d'attrait en raison du manque de perspectives. Aujourd'hui, toute une série de nouvelles méthodes, en premier lieu les techniques d'édition génomique (p. ex. CRISPR/Cas), sont disponibles pour la sélection végétale. En Suisse, mais aussi dans l'UE, toutes les plantes produites avec ces méthodes sont actuellement soumises à la loi sur le génie génétique. La communauté scientifique nationale et internationale exige une différenciation car ces outils peuvent être utilisés de manière extrêmement large, de l'utilisation transgénique à la sélection de mutations identiques aux mutations naturelles. Au niveau international, au moins 140 cultures à

² Le statut de partie permet de participer à une procédure judiciaire ou administrative. Le droit de la procédure administrative stipule que le statut de partie suppose la capacité d'être partie (capacité juridique) ainsi qu'un intérêt à la protection juridique. Il est accordé au cas par cas. Les intérêts qui méritent d'être protégés dans le cadre des essais en plein champ avec des PGM consistent, par exemple, à éviter tout dommage à la santé ou à l'économie ou les dommages environnementaux aux biens immobiliers à la suite des essais en plein champ avec des PGM.

³ Des marqueurs de sélection sont utilisés lors de la production de PGM. Ils confèrent aux cellules une propriété qui permet aux chercheurs-euses de sélectionner efficacement la fraction de cellules qui portent effectivement les gènes à introduire. Ces marqueurs n'ont ensuite plus aucune fonction. Les propriétés les plus couramment utilisées sont une résistance aux antibiotiques ou une tolérance aux herbicides.

vocation commerciale sont actuellement développées en utilisant l'édition génomique (Menz *et al.*, 2020). Dans de nombreux pays aujourd'hui, les plantes qui ont été modifiées à l'aide de ces techniques sans l'introduction d'informations génétiques étrangères ne sont pas classées comme OGM, et l'autorisation de ce type de variétés sur ces marchés devrait fortement augmenter. Les méthodes d'édition génomique sont désormais indispensables dans la recherche fondamentale et appliquée et contribuent également à faire avancer la recherche sur les plantes cultivées. C'est pourquoi, prochainement, le «Protected Site» accueillera également des essais sur des plantes issues de l'édition génomique. ■

Remerciements

Nous remercions Moritz Camenzind pour la création de la figure 1.

Bibliographie

- Académie suisse des sciences naturelles (2018) De nouvelles approches pour la protection des pommes de terre contre le mildiou. *Swiss Academies Factsheet* 13 (1).
- Atkinson, H.J., & Urwin, P.E. (2008). Europe needs to protect its transgenic crop research. *Nature* 453, 979.
- Bernauer, T., Tribaldos, T., Luginbühl, C., & Winzeler, M. (2011). Government regulation and public opposition create high additional costs for field trials with GM crops in Switzerland. *Transgenic Research* 20, 1227–1234.
- Comité de direction du PNR 59 (2012). Utilité et risques de la dissémination des plantes génétiquement modifiées. Synthèse du Programme national de recherche 59. vdf Hochschulverlag.
- Fisch, F. (2013). Ein Versuch. Genforschung zwischen den Fronten. Helden Verlag.
- Foetzki, A., Winzeler, M., Boller, T., Felber, F., Gruissem, W., Keel, C., Keller, B., Mascher, F., Maurhofer, M., Nentwig, W., & Romeis, J. (2011). Essais en plein champ avec du blé génétiquement modifié résistant à l'oïdium. *Recherche Agronomique Suisse* 2, 446–453.
- Gómez-Galera, S., Twyman, R.M., Sparrow, P.A., Van Droogenbroeck, B., Custers, R., Capell, T., & Christou, P. (2012). Field trials and tribulations – making sense of the regulations for experimental field trials of transgenic crops in Europe. *Plant Biotechnology Journal* 10, 511–523.
- Haesaert, G., Vossen, J.H., Custers, R., De Loose, M., Haverkort, A., Heremans, B., Hutten, R., Kessel, G., Landschoot, S., Van Droogenbroeck, B., Visser, R.G.F., & Gheysen, G. (2015). Transformation of the potato variety Desiree with single or multiple resistance genes increases resistance to late blight under field conditions. *Crop Protection* 77, 163–175.
- Haverkort, A.J., Boonekamp, P. M., Hutten, R., Jacobsen, E., Lotz, L.A.P., Kessel, G.J.T., Vossen, J.H., & Visser, R.G.F. (2016). Durable late blight resistance in potato through dynamic varieties obtained by cisgenesis: Scientific and societal advances in the DuRPh project. *Potato Research* 59, 35–66.
- ISAAA (2019). Global status of commercialized biotech/GM crops in 2019. *ISAAA Brief No. 55*. International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications, pp. 14.
- James, C., & Krattiger, A.F. (1996). Global review of the field testing and commercialization of transgenic plants: 1986 to 1995. The first decade of crop biotechnology. ISAAA Briefs No. 1. International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications, pp. 31.
- Kuntz, M. (2012). Destruction of public and governmental experiments of GMO in Europe. *GM Crops & Food* 3, 258–264.
- Malnoë, P., Farinelli, L., Collet, G.F., & Reust, W. (1994). Small-scale field tests with transgenic potato, cv. Bintje, to test resistance to primary and secondary infections with potato virus y. *Plant Molecular Biology* 25, 963–975.
- Martineau, B. (2001). First Fruit: The creation of the Flavr Savr tomato and the birth of biotech foods. McGraw-Hill.
- Mascher, F., Matasci, C., Kneubuehler, Y., Kellenberger, S., Diaz Quijano, C., Keller, B., Sautter, C., & Schori, A. (2012). La résistance aux maladies fongiques de lignées de blé transgéniques en plein champ. *Recherche Agronomique Suisse* 3, 298–305.
- Menz, J., Modrzejewski, D., Hartung, F., Wilhelm, R., & Sprink, T. (2020). Genome edited crops touch the market: A view on the global development and regulatory environment. *Frontiers in Plant Science* 11, 586027. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.586027>
- Romeis, J., Meissle, M., Brunner, S., Tschamper, D., & Winzeler, M. (2013). Plant biotechnology: Research behind fences. *Trends in Biotechnology* 31, 222–224.
- Schlaich, T., Urbaniak, B.M., Malgras, N., Ehler, E., Birrer, C., Meier, L., & Sautter, C. (2006). Increased field resistance to *Tilletia caries* provided by a specific antifungal virus gene in genetically engineered wheat. *Plant Biotechnology Journal* 4, 63–75.
- Schlaich, T., Urbaniak, B., Plissonnier, M.L., Malgras, N., & Sautter, C. (2007). Exploration and Swiss field-testing of a viral gene for specific quantitative resistance against smuts and bunts in wheat. In Fiechter A., Sautter C. (eds.), *Green Gene Technology. Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology* 107. Springer.