

# Gouvernance institutionnelle des plantes génétiquement éditées : le cas du riz à Madagascar

## Institutional governance of genome-edited plants: The case of rice in Madagascar

Ludovic Temple<sup>1,2</sup>, Onjaherilanto Rakotovao Razanakoto<sup>3</sup>, Kirsten vom Brocke<sup>4,5</sup>, Gilles Trouche<sup>4,5</sup>

<sup>1</sup> CIRAD, UMR Innovation, F-34398 Montpellier France

<sup>2</sup> UMR Innovation Univ Montpellier, CIRAD, Montpellier, France

<sup>3</sup> Mention AT2D, ESSA, Université d'Antananarivo, Antananarivo, Madagascar

<sup>4</sup> CIRAD, UMR AGAP Institut, F-34398 Montpellier, France

<sup>5</sup> UMR AGAP Institut, Univ Montpellier, CIRAD, INRAE, Institut Agro, Montpellier, France

**RÉSUMÉ.** Les nouvelles techniques d'amélioration des plantes sont au centre d'une nouvelle gouvernance de l'innovation variétale qui renouvelle les débats sur les promesses technologiques apportées par les variétés OGM. Assimilables à ces dernières, elles suscitent des controverses en termes de risques écologiques, agronomiques et socio-économiques. A partir d'un cas expérimental d'usage des techniques d'édition du génome pour développer des variétés de riz à Madagascar, nous avons étudié comment les interactions entre les différentes parties prenantes sociétales renouvellent la gouvernance de l'innovation variétale issue des biotechnologies. Les résultats conduisent à proposer de reconfigurer l'expérimentation initiale par le renforcement des compétences à détecter les modifications génétiques dans les nouvelles variétés et à prendre en compte les risques sociétaux. Ils mettent en relief l'insuffisance des cadres institutionnels d'évaluation des risques de biosécurité dans le contexte des pays du sud. Ils renseignent comment solidifier ces cadres par l'implication située des parties prenantes. Ils suggèrent des approches plus coopératives pour définir les modèles et les objectifs des innovations variétales.

**ABSTRACT.** New breeding techniques (NBT) are today at the centre of a new governance of varietal innovation that is reigniting the debates around the technological promises of GMO varieties. Similar to GMOs, they are controversial due to their ecological, agronomic and socio-economic risks. By examining an experimental case study on genome editing techniques used to develop rice varieties in Madagascar, we explore how the interactions between the different societal stakeholders renew the governance of biotechnology-based varietal innovation. The results suggest that initial experimentation should be reconfigured by strengthening skills to detect genetic modifications in new varieties, as well as by considering societal risks. They highlight the inadequacy of institutional frameworks for biosafety risk assessment in low-income countries. The results also inform us on how to strengthen these frameworks through targeted stakeholder involvement. They suggest that more cooperative approaches will aid in defining the models and objectives of varietal innovations.

**MOTS-CLES.** Agriculture, édition du génome, réglementation, sciences participatives, risques, Madagascar.

**KEYWORDS.** Agriculture, genome editing, regulation, participatory sciences, risks, Madagascar.

## 1. Introduction

Le déploiement en cours des Nouvelles Techniques d'Amélioration Génétique, New Breeding Techniques [NBT] pour l'innovation variétale en agriculture renouvelle les questionnements au sujet des variétés OGM au regard de leur flexibilité, la diminution de leur coût et leur potentiel d'appropriation d'usage dans les centres de recherche agronomique du nord et du sud<sup>1</sup> [BRA 17], [ANG 17] [POO 19]. Ces NBT incluent principalement les techniques d'édition du génome (Genome editing) qui utilisent des enzymes particulières appelées « endonucléases de restriction », dont CRISPR-Cas9, pour induire des mutations ciblées permettant de parvenir à l'obtention de nouvelles

<sup>1</sup> La notion de Sud est une métaphore pour désigner l'ensemble des pays peu industriels, qui sont dans le groupe des Pays Moins Avancés ou à revenus intermédiaires.

variétés de plantes mieux adaptées aux défis actuels et futurs de la production agricole. Elles se différencient des OGM sur le plan technologique en mobilisant la mutagenèse en lieu de la transgénèse [GLA 22]. Elles font partie intégrantes des technologies génomiques potentiellement activables pour le projet d'une transformation agro-écologique des modes de production agricoles et alimentaires [HAI 22], [AND 15]. Ces évolutions techniques mobilisables pour la création de nouvelles variétés de cultures alimentaires renouvellent la controverse sociétale des OGM.

Les réticences sociétales vis-à-vis des produits ou des procédés biotechnologiques en agriculture restent effectivement fortes [BER 19]. Elles sont renseignées par différents types de travaux [CAT 18]. Certains qualifient comment ces technologies, qui exigent des investissements financiers importants, sont gouvernées par des firmes multinationales, qui concentrent des activités semencières et agro-chimiques. Cette gouvernance alerte sur la destruction des communs que génère l'appropriation privée, voire capitaliste du vivant [VOR 03], [LAP 09]. Ainsi la « non fragmentation technique » qui conditionne l'usage des variétés OGM à des intrants indissociables de leur performance, pesticides, engrais, mécanisation [DOW 23], renforce la dépendance des exploitations agricoles par rapport aux multinationales de l'agro-chimie. Les conséquences de cette dépendance renforcent l'industrialisation des modes de production et de consommation [VAN 21] et l'accaparement globalisé des ressources (foncière, eau, ...) par des capitaux financiers. Elles accroissent les exclusions sociales, donc les inégalités mondiales. Sur le plan plus agronomique d'autres travaux soulignent les incompatibilités dans la coexistence spatiale des productions de variétés OGM et des productions biologiques [BOD 20].

Dans les contextes sociétaux de pays du sud avec une forte pression démographique, des risques climatiques élevés [GUI 20], de inégalités sociales croissante [GIR 20], mais surtout de fragilité des politiques publiques et de la société civile [DES 21], l'implantation des OGM renforce les inégalités sociales dans l'accès aux innovations technologiques et aux autres ressources nécessaires à l'activité agricole (terre, eau) [HER 17]. Ces impacts questionnent l'illusion « développementaliste » que peuvent porter des promesses technologiques et scientifiques [KAR 20].

La plupart des pays du sud sont pourtant signataires de la convention sur la diversité biologique des Nations Unis qui définit le protocole de Cartagena sur la biosécurité [RAM 12]. Cette convention institue le principe de précaution vis-à-vis des OGM. Or les variétés de plantes développées en utilisant les NBT, que nous désignerons par la suite Plantes Génétiquement Editées-PGE, font face à un vide de régulation, qui n'est pas ou peu inscrit dans les agendas politiques nationaux. Ce « vide » est entretenu pour partie par l'absence de consensus international sur l'assimilation ou non des PGE aux OGM. Il s'explique aussi par les difficultés à élaborer des cadres éthiques ou des principes de responsabilité dans les politiques de régulation internationales [SCH 20]. Il est enfin lié aux asymétries des bases de connaissances sur les évolutions de ces technologies, les incertitudes scientifiques sur leurs usages, et la réalité des promesses de développement qu'elles adressent aux agricultures mondiales.

Ainsi les usages des nouvelles variétés créées par les techniques de l'édition du génome dans les systèmes nationaux de recherche restent pour l'instant embryonnaires, expérimentaux et technologiquement limités. Peu d'usages de ces variétés en production sont encore renseignés par des expériences « connues » (sur le riz pourtant leur utilisation est quasi certaine en Chine). En l'occurrence, les dispositifs légaux qui régulent l'usage des variétés issues des NBT ont ainsi du mal à se démarquer de ceux définis pour les variétés OGM classiques et à être réellement fonctionnels et cohérents [POO 19].

Ces incomplétudes réglementaires soulignent la nécessité de réguler les conditions d'usage des NBT, aux niveaux internationaux mais aussi nationaux.

Ces débats sont d'autant plus sensibles que l'expérimentation d'usage, voire la justification pour le développement des technologies d'édition du génome dans l'innovation variétale, se concentre

principalement sur la culture du riz. Cette céréale est majeure pour la sécurité alimentaire des pays du sud principalement en Asie et en Afrique et particulièrement à Madagascar. Dans ce pays, 55 % des terres cultivées sont dédiées à la culture du riz, qui occupe une place économique, sociale, culturelle et politique très importante [DAB 08]. Cependant, les rendements du riz stagnent, en raison de la faible fertilité des sols et de l'accès limité aux engrais minéraux, et la production nationale ne satisfait plus la demande interne [GAR 23]. Dans ce contexte, l'amélioration de l'efficacité de l'utilisation de l'azote (NUE) est une option importante à mettre en œuvre pour les programmes de sélection du riz. En raison de la complexité de ce caractère, l'utilisation des NBT représente une voie particulièrement intéressante pour Madagascar.

Les controverses sur ce sujet opposent ainsi deux communautés de connaissances [AZA 22] respectivement :

(a) une communauté de connaissances plutôt favorables, pour qui les NBT sont des outils nécessaires au progrès scientifique et à l'innovation technologique pour transformer rapidement les systèmes de production agricole et alimentaire vers plus de durabilité et répondre aux différentes urgences climatiques, sanitaires et économiques. L'usage des NBT permettrait de développer plus facilement et rapidement de nouvelles variétés végétales économes en eau, résistantes aux maladies, plus efficaces dans l'utilisation des nutriments, de meilleure qualité nutritionnelle ou de nouvelles variétés (par exemple riz enrichi en vitamine A, huile de soja appauvrie en lipides trans) et potentiellement accessibles à tous sous réserve de préservation des biens communs sur l'accaparement privé du vivant. On y trouve plutôt des chercheurs du secteur privé travaillant dans les sociétés semencières et des responsables des organisations professionnelles.

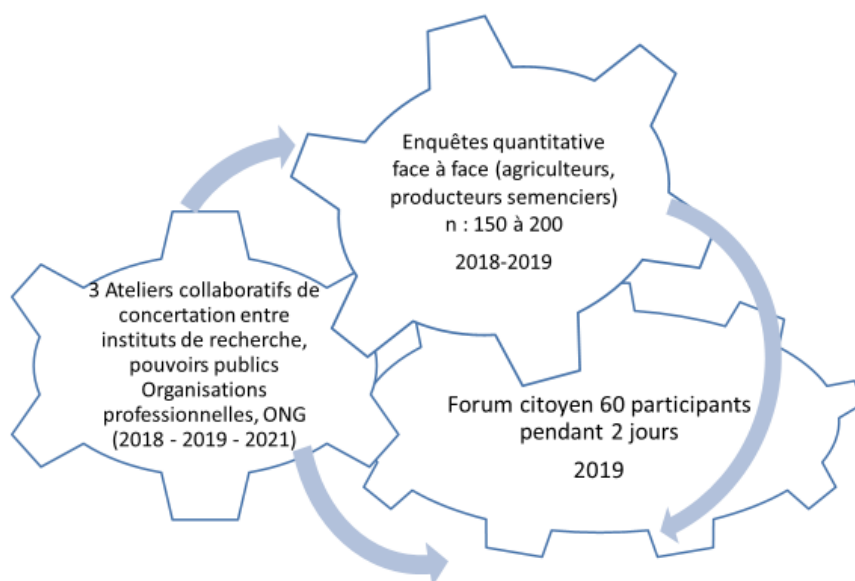
(b) une communauté de connaissances sceptiques ou méfiants, pour qui les NBT sont instrumentées au regard des fonctionnalités précédentes et continuent de porter des risques environnementaux, par exemple sur le maintien de la biodiversité, et des risques sanitaires, socio-économiques et sur des modes de production à hauts niveaux d'intrants imposés, ce qui exige i) soit de réguler leur usage par des normes strictes, ii) soit de s'opposer à leur usage par tous les moyens possibles (ONG, chercheurs, communautés rurales, politiques). Dans cette communauté on trouve plutôt des chercheurs du secteur public, en tenant compte qu'il y a parmi eux plusieurs visions sur l'utilisation des NBT, en premier lieu de l'édition du génome, soit de limiter leur utilisation à la production de connaissances dans le domaine de la génomique fonctionnelle (vérifier la relation entre un gène et un caractère donné), soit de les mobiliser pour développer (directement) de nouvelles variétés qui répondraient à des demandes locales d'amélioration des pratiques agronomiques, d'adaptation des cultures au changement climatique ou d'amélioration de la qualité des produits [RAK 21].

En mobilisant une démarche d'expérimentation sociotechnique d'usage des NBT sur le riz à Madagascar entre 2019 et 2022, nous analysons comment la structuration d'interactions entre ces deux communautés produit des connaissances, mais aussi rétroagit sur les conditions sociétales ou « citoyennes » de mobilisation ou de rejets de ces nouvelles technologies dans le contexte des pays du sud. Notre hypothèse de travail est que la structuration d'interactions entre les deux communautés d'acteurs met en visibilité les consensus ou dissensus existant et renforce les institutions nationales de régulation de ces nouvelles technologies et les capacités d'innovation endogènes de ces pays. L'objectif de la présente étude est donc d'explorer la fonctionnalité des institutions existantes à réguler l'usage de ces technologies au regard des attentes des communautés agraires malgaches.

## 2. Cadre méthodologique d'analyse de l'innovation variétale biotechnologique à Madagascar

L'expérimentation présentée s'inscrit dans une démarche générique de conception collaborative de l'innovation [BER 20], qui pose la collaboration et au-delà la coopération dans le partage des informations et des connaissances entre différentes parties prenantes, directes et indirectes, comme structurantes de l'innovation technologique. Les mécanismes de collaboration ou de coopération ont pour objet de réduire les asymétries de connaissances sur le processus en lui-même, entre les parties prenantes. Ensuite, la mise en débat permet la caractérisation des avantages ou risques potentiels que le processus d'innovation représente, d'abord pour chacune des parties prenantes, puis de manière plus globale. La participation, mobilisée dans son acceptation la plus large, inclut à la fois les chercheurs et les non chercheurs dans l'élaboration et la validation des résultats de la science. Elle ne prétend pas avoir à réduire les asymétries de connaissances. Elle documente un état de réduction de ces asymétries et l'utilité de cette réduction. Au-delà de l'évaluation en elle-même de l'innovation ciblée, elle contribue à expliquer les relations qui relient l'activité de recherche, le citoyen et les politiques.

Sur le plan méthodologique, ce recours à la participation a été conduit sur différents moments: enquêtes participatives en face à face, ateliers de concertation et enfin organisation d'un forum citoyen [NLE 21]. Ces moments ont eu des fonctions différentes dans la collecte d'information mais aussi dans l'hybridation des bases de connaissances entre les différentes communautés d'acteurs (scientifiques, producteurs ...). Le cadre d'analyse proposé rappelle l'enchaînement des grandes phases d'enquêtes qui ont structuré trois ans d'interactions entre ces communautés d'acteurs (Figure 1) et la construction des principaux résultats en relation avec le questionnement introductif.



**Figure 1.** Phases d'enquêtes déterminant le mécanisme d'interactions participatives

La première phase en début de projet a instruit des enquêtes participatives en face à face auprès de quatre communautés : chercheurs et universitaires, organisations paysannes, responsables publics et enfin membres de la société civile (Tableau 1). Cette structure d'acteurs forme l'architecture institutionnelle d'un potentiel « système d'innovation technologique » finalisé par la gouvernance : l'implémentation de l'usage des biotechnologies dans l'agriculture sur le territoire malgache.

La deuxième étape a organisé un forum citoyen pour mettre en débat, au sein et entre les communautés, les conditions d'une gouvernance collective sur une technologie controversée. L'objectif était de préciser les conditions du renforcement d'une assise réglementaire pertinente et « socialement » partagée. La méthode du forum citoyen consistait au préalable à harmoniser les bases



de connaissances entre les parties prenantes susceptibles d’être impliquées dans l’évaluation, l’usage, ou la réglementation à Madagascar de nouvelles variétés de riz de type PGE et à révéler leurs perceptions et leurs attentes sur les usages éventuels de ces nouvelles variétés. Après des séances de formation collective dans la mise en partage des connaissances mobilisables sur ces technologies, les participants ont été regroupés en communautés d’acteurs afin de mettre en exergue la disparité de l’acceptabilité sociétale sur les PGE. Les résultats des travaux de groupe ont ensuite été discutés en plénière pour mettre en regards croisés les perceptions exprimées par chacune des communautés.

Dans une troisième étape, ces parties prenantes ont participé à l’élaboration d’une note de perspective politique ou *policy brief* [TEM 19] sur les conditions de régulation institutionnelle d’expérimentation de ces technologies PGE. Tout en capitalisant les acquis du forum, cette démarche a défini le registre des situations de consensus et de dissensus sociétal sur, d’une part, la caractérisation des risques inhérents aux nouvelles variétés de riz issues des technologies NBT à Madagascar, et d’autre part, à la gouvernance de mécanismes règlementaires sociétaux qui permettent de se protéger contre les risques éventuels ou d’en assumer les conséquences [LAN 15].

Types d’organisations	Nom et nombre d’organisation (n, nombre d’interlocuteur par organisation est égal à 1 sauf lorsque mention contraire)	Nombre total de personnes interrogées
Bailleurs de fonds	Union Européenne, Agence Française de Développement, FAO (n=2)	4
ONG/Société civile	AFDI, Agrisud, AIM, GRET, GSDM, Inter-aide, Ceffel, WWF, PCP-Riz	9
Société de production et distribution de semences	SeedLan, SdMad, Castells	31
Secteur public	Ministère en charge de l’Agriculture, Direction de la Protection des Végétaux, Service Officiel de Contrôle des semences et matériel végétal, Service d’Inspection et de Quarantaine Végétale, Direction de la Production Rizicole, Service de l’Agriculture sur le Changement Climatique	6
	Office National de l’Environnement	1
	Point Focal de la Biosécurité	1
Projets/Programmes	BVLAC, AROPA, PAPRIZ	3
Instituts de Recherche et Universités	FOFIFA (n=2), Africa Rice, Laboratoire des RadioIsotopes, Centre National de Recherches sur l’Environnement, FIFAMANOR, Université d’Antananarivo (n=5)	11
Organisations paysannes	FIFATA, VFTV, réseau SOA	3
Nombre total de personnes interviewées		69 <sup>2</sup>

AFD : Agence Française de Développement ; AFDI : Agriculteurs Français et Développement International ; AIM : Action Intercoopération Madagascar ; AROPA : Appui au Renforcement des Organisations Professionnelles et aux services Agricoles ; BVLAC : Projet Bassin Versant du Lac Alaotra ; Ceffel : Conseil Expérimentation et Formation en Fruits et Légumes ; FAO : Représentation du Food and Agriculture Organization à Madagascar, FIFAMANOR : Fiompiana Fambolena Malagasy Norveziana ; FIFATA : Fikambanana Fampivoarana ny Tantsaha, FOFIFA : Foibe Fikarohana Ampiharina amin’ny Fampandrosoana ny Ambanivohitra ; GSDM : Groupement Semis Direct de Madagascar ; PCP-Riz : Plateforme de Concertation pour le Pilotage de la filière Riz ; Réseau SOA : Syndicat des organisations agricoles ; VFTV : Vovonan’ny Fikambanana’ny Tantsahan’i Vakinankaratra.

**Tableau 1.** Parties prenantes enquêtées au démarrage du projet pendant les ateliers collaboratifs

Une nouvelle enquête recueillant les opinions de chacun a été réalisée sur les thèmes « appréhension vis-à-vis des PGE » et « applicabilité respectivement du décret 2018-397 et du projet de loi 2004 [REP 04] dans la réglementation des PGE ». En raison de la pandémie liée au Covid 19,

<sup>2</sup> Sur les 69 personnes enquêtées au démarrage du projet, 60 ont participé au forum citoyen participatif.

cette enquête a été faite en ligne et de ce fait a été excluante des organisations de producteurs et donc peu utilisée dans notre étude.

Enfin la dernière phase a été polarisée par des restitutions et mise en débat dans deux ateliers à la fin du projet<sup>3</sup>. Le premier avait pour objet de valider le texte du *policy brief* rapportant puis discutant les avis émis par les intervenants lors des enquêtes individuelles. Le second avait pour objet d'élaborer les stratégies de recherches sur les PGE des institutions scientifiques partenaires. Ces différents échanges interactifs reposent sur une démarche participative [BRE 18] pour recueillir les avis des différentes communautés d'acteurs en diverses circonstances sur une période de trois ans.

Ces différentes étapes méthodologiques se fixait pour objectif central d'analyser et de qualifier respectivement les risques et les cadres institutionnels (normes, décrets, loi) susceptibles de gérer ces risques. Ces concertations ont mis en visibilité des résultats pour quatre variables d'analyse : les risques face aux technologies nouvelles, la différenciation des PGE par rapport aux OGM, l'adéquation des cadres réglementaires et la réduction de asymétries de connaissances.

**REMARQUE.** L'édition du génome a été utilisée sur une variété de riz *Chhomrong Dhan*, de son nom vernaculaire *tsipolitra*, une variété de riz dominant depuis une dizaine d'années les champs exondés des collines sur les Hautes Terres malgaches. Elle a été mobilisée pour doter cette variété d'une meilleure efficacité d'utilisation de l'azote (NUE) [HER 20]. L'impact attendu est de stabiliser ou d'augmenter les rendements tout en résistant à des stress abiotiques, en diminuant le recours à l'usage d'engrais chimiques. La totalité des manipulations et des expérimentations sur ces plantes a été conduit en dehors du territoire malgache (France, Chili, Colombie) en conformité avec les contextes de régulation de ces pays.

### **3. Des expérimentations probantes suspendues aux conditionnalités institutionnelles de régulations économique et sociétale**

#### **3.1. Le succès scientifique expérimental de l'utilisation de l'édition du génome pour améliorer la NUE chez le riz**

Les travaux expérimentaux en station ont confirmé que la technologie d'édition du génome est applicable au riz pour améliorer son caractère d'efficacité d'utilisation de l'azote du sol-NUE. Plusieurs nouvelles variétés de riz ont ainsi été créées pour répondre à cet objectif. Des études approfondies ont aussi montré que plusieurs procédés possibles existent pour améliorer le taux de réussite d'amélioration de ce caractère complexe qu'est la NUE chez le riz.

Ainsi pour certaines variétés « NUE + » produites grâce à une des techniques d'édition du génome, le *base editing*, des gains de rendements en grains d'environ 15% ont été obtenus dans des essais agronomiques au champ réalisés en conditions contrôlées par la recherche en Colombie, à la fois en conditions de faible et de fort niveau de fertilisation azotée, par rapport à la variété *Chhomrong Dhan* d'origine.

Malgré ces résultats encourageants, l'innovation variétale basée sur les nouvelles techniques génomiques reste confrontée, dans le contexte de Madagascar, à la mise en visibilité de trois contraintes interactives d'ordre:

- technique : l'absence de laboratoires, serres et champs confinés pour la création et l'évaluation de variétés issues des techniques d'édition du génome ;

<sup>3</sup> Ce projet dénommé *Generice* mobilisait des institutions françaises, lieu de création des nouvelles variétés de type PGE, du Chili et de Colombie pour tester en station leurs performances et de Madagascar où il était prévu de tester les conditions d'acceptabilité des variétés.

- institutionnelle ou réglementaire : le projet de loi sur la biosécurité n'ayant pas encore été voté, aucune réglementation régissant l'introduction, l'expérimentation et la diffusion de ce type de variété n'est encore définie et l'application du cadre de régulation relatif à l'introduction d'OGM est apparue inadaptée à une situation d'expérimentation de résultats de recherche ;
- économique : le mode de fonctionnement du système semencier national constitue un facteur limitant pour assurer une mise en accès décentralisée des semences incluant des modifications génétiques introduites, qu'elles soient issues des biotechnologies ou non.

Ces contraintes ont conduit à suspendre l'objectif d'expérimentation des nouvelles variétés de riz génétiquement éditées sur le territoire Malgache. Elles ont en revanche structuré une activité non prévue entre les scientifiques du projet pour rendre plus fonctionnelle les capacités techniques de détection de la présence/absence de T-DNA (ADN étranger à la plante à améliorer) dans des variétés PGE à Madagascar. Le projet n'a donc pas pu expérimenter à Madagascar les variétés de riz éditées produites par le projet mais a expérimenté la capacité du laboratoire de biologie moléculaire des végétaux de l'Université d'Antananarivo à détecter des T-DNA dans ces variétés. Le résultat principal a été la mise en fonctionnalité d'un laboratoire de référence du Comité National de Biosécurité Malgache.

### **3.2. L'incomplétude législative et réglementaire de régulation des biotechnologies à Madagascar**

Ayant pris part aux conventions internationales ou régionales sur la protection de la biodiversité [KUM 20] et sur la biosécurité [RAM 12], ratifiées respectivement en 1995 et en 2003, Madagascar a mis en œuvre une politique et une structure nationale de biosécurité [REP 04]. La structuration tenait à mettre en place et en cohérence plusieurs organes multipartites entre les départements ministériels publics, ou avec les centres de recherche, les institutions internationales ou issues de la société civile [RAZ 21], qui sont consultatifs et décisionnels dans l'évaluation des risques liés aux OGM et aux produits issus de la biotechnologie en général [REP 04]. A cette politique de biosécurité nationale sont associés :

- un projet d'arrêté interministériel portant réglementation de l'importation et de l'exportation, du transit, de la commercialisation, de la manipulation et de l'utilisation d'Organismes génétiquement modifiés (OGM) et/ou produits dérivés ; et
- un projet de loi relative au régime de la biosécurité régissant les mouvements transfrontaliers, le transit, la commercialisation, la manipulation et l'utilisation de tout OGM et produits dérivés susceptibles d'avoir des effets défavorables sur la santé humaine, animale et végétale, et sur la biodiversité et l'environnement.

Ces cadres législatifs mettent l'accent sur la mobilité puisque les usages des nouvelles variétés dans les systèmes nationaux de recherche ou leur développement sont embryonnaires et technologiquement limités [REP 04]. Près d'une vingtaine d'années après ces mesures, seuls les points focaux sur la biodiversité et sur la biosécurité ont été consolidés tandis que les organes consultatifs d'évaluation scientifique et sociétale se mettent en place lentement, à l'instar du Comité Scientifique et technique dont les membres n'ont pas encore été désignés faute de moyens permettant l'opérationnalisation de l'évaluation des risques [TEM 21]. Les tenants et aboutissants du projet d'arrêté interministériel ont été finalement mis en application à travers le décret ministériel n°2018-397 portant exclusivement sur les OGM, établi auprès du département en charge de l'Agriculture et de l'Elevage mais co-signé par les ministres de l'Environnement, de l'Ecologie et des Forêts, de la Santé Publique, et du Commerce en charge également de la Consommation, respectivement. Enfin, le projet de loi sur la biosécurité stipulant les dispositifs légaux qui autorisent l'usage des produits issus des NBT a du mal à se concrétiser car ils sont souvent mis en relation avec les controverses sociétales et politiques qui existent sur leur assimilation ou pas en tant qu'OGM.

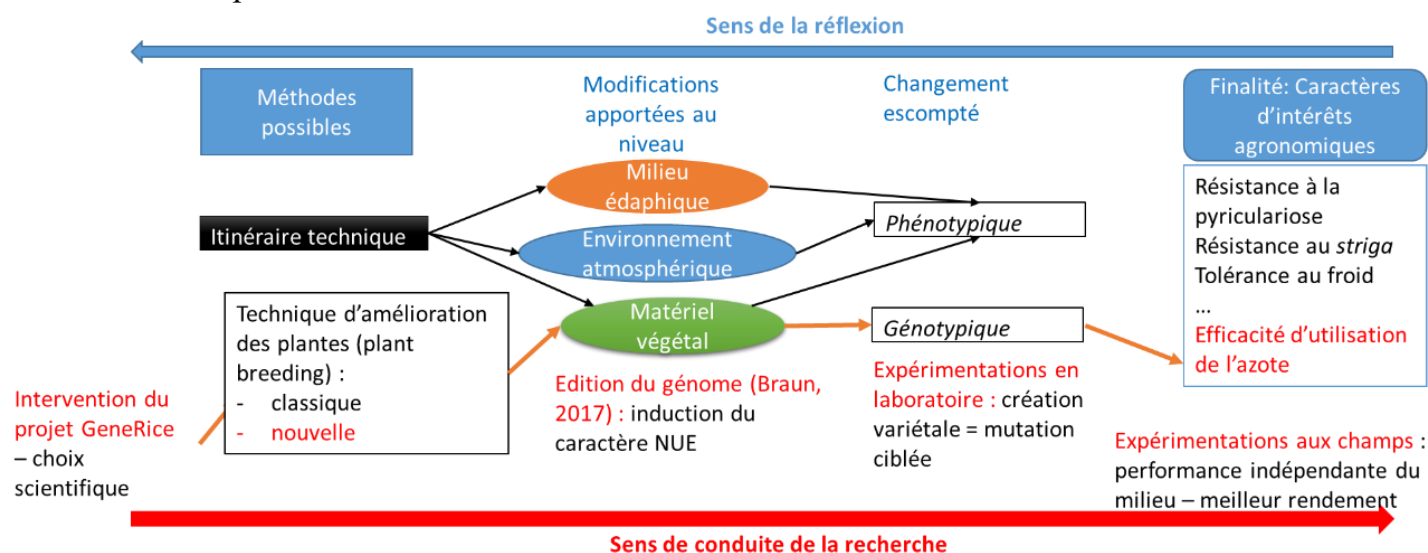
De fait si selon le Décret n°2018-397, l'interdiction d'importation, de distribution, de production et de vente des produits d'origine végétale ou animale issus des OGM est interdite sur le territoire national, cette décision n'est pas explicite sur l'intégration ou non des produits issus des NBT en tant qu'assimilés ou non aux OGM, laissant entrouvrir un débat sur les opportunités et les risques à l'innovation.

Des connaissances complémentaires permettront notamment de distinguer et mieux catégoriser les PGE vis-à-vis des OGM qui sont bannis du territoire malgache depuis 2018, date de la mise en application du décret 2018/397. Les institutions de régulation susceptibles d'être affectées au contrôle de l'importation, des usages et de la diffusion des PGE à Madagascar ont alors été passées en revue. Les débats ont mis en doute la capacité de ces institutions à exercer leurs attributions au vu des dispositifs légaux non opérationnels à leur égard.

### 3.3. Les interactions entre les acteurs : un pare-feu dans la gouvernance de l'innovation biotechnologique par la science

Les modèles d'innovation mobilisés sur les OGM basés sur des essais en milieu paysan ont été mis en critique par les mouvements sociétaux d'opposition aux OGM dans différents contextes [BON 08] car ils remplissent potentiellement plus des fonctions de promotion d'usage que ceux d'une évaluation collective d'utilité. En relation avec cette critique, la démarche mobilisée dans notre étude a conditionné la mise en place de ces essais aux tests de fonctionnalité des cadres légaux d'une part et des conditions d'acceptabilité documentées par les différentes parties prenantes identifiables et mobilisables.

Dans un contexte où le choix du caractère à améliorer chez les variétés de riz ainsi que le procédé technique pour y parvenir relevaient entièrement du choix des scientifiques (Figure 2), la démarche a expérimenté comment pouvait être organisé le débat sociétal sur la pertinence des critères d'évaluation de performance contextualisés.



En rouge : démarche suivie par le projet

**Figure 2.** Itinéraires possibles dans la recherche en amélioration variétale : exemple de l'utilisation de l'édition du génome pour accroître l'efficacité d'utilisation de l'azote par la plante de riz

Les résultats issus des évaluations participatives collectives soulignent que le caractère NUE optimisé ne se situe pas parmi les besoins prioritaires exprimés par les agriculteurs. Les attentes des producteurs de riz sont en effet multiples. Ils sont attentifs aux caractères phénotypiques des plantes de riz pour diverses raisons : longueur des tiges (indicateur d'une certaine vigueur), composantes du



rendement (longueur de la panicule qui détermine le nombre de grains, grosseur et format des grains liés au poids), aptitude aux opérations post-récolte (commodité et/ou coût des travaux), et à des caractères organoleptiques pour lesquels les grains à péricarpe coloré (rose, brun ou rouge) sont plus appréciés.

Les communautés d'acteurs ont aussi fait part de leurs préoccupations sur les risques environnementaux éventuels que peuvent induire les PGE, compte-tenu de l'absence d'antécédents pour ces technologies récemment obtenues. En réponse, les scientifiques s'attèlent à réduire les risques potentiels résultant de la technique d'édition du génome à travers un procédé jugé plus précis et ciblé, le prime editing [SCH 21]. Ce procédé tente de minimiser les cassures aléatoires de l'ADN suite à la modification des bases qui constituent la cible de l'édition du génome et ainsi réduire les incertitudes quant aux caractéristiques et comportement des plantes génétiquement éditées.

Au niveau des risques socio-économiques, quelle que soit la NBT mise en œuvre, les parties prenantes ont insisté pour que l'appropriation des droits de propriété des plantes nouvellement créées par les firmes semencières ne se fasse pas aux dépens des agriculteurs qui devraient en supporter les coûts. Un autre risque soulevé est celui de lier les conditions d'usages de ces variétés à l'utilisation d'intrants chimiques comme l'ont été la grande majorité des variétés OGM, principalement les herbicides qui posent des problèmes d'impacts sur la biodiversité et la santé des agriculteurs. La biodiversité des espèces cultivées étant pour la communauté scientifique de plus en plus considérée comme une ressource centrale dans les capacités d'adaptation et de résilience des communautés agraires aux incertitudes du changement climatiques.

Les consultations ont toutefois révélé que la majorité (plus de 67%) des producteurs de riz de Madagascar n'a pas manifesté son refus d'expérimenter les nouvelles variétés génétiquement éditées ayant une meilleure NUE si l'occasion se présente [NLE 21]. Ce résultat mérite d'être précisé dans l'interprétation qu'on peut lui en donner. La première, mécaniste et statistique dans une logique de raisonnement linéaire de l'innovation, conduirait à conclure à l'acceptabilité par les agriculteurs de la nouvelle technologie et par conséquent à légitimer la mise en place rapide d'essais expérimentaux pour en calibrer les conditions socio-économiques de diffusion. La deuxième, socio-anthropologique, rappelle que de nombreuses communautés rurales sont structurées par la réciprocité dans lesquelles le « don », qui est structurant de leur cohésion, ne se refuse pas. L'acceptabilité identifiée dans une situation d'asymétrie cognitive sur l'objet donné repose donc potentiellement plus sur un « quiproquo » [TEM 18] entre un système de valeurs holistique et un système de valeurs industriel marchand. A un niveau différent et potentiellement complémentaire, la plupart des communautés rurales participant à des dispositifs d'expérimentation, perçoivent plus les externalités collectives positives apportées par des projets de recherches internationaux [RAZ 22] que les risques inhérents à un artefact technique qui leur sont proposés.

La réduction de l'asymétrie de connaissances entre les parties prenantes a permis à toutes les communautés présentes ou consultées de comprendre les conditions d'utilisation des PGE. Cette démarche constitue un prérequis pour une meilleure prise de décision et de responsabilité, en particulier de la part des politiques. En tenant compte de ces points de blocage à l'acceptabilité des PGE par l'ensemble des communautés, le discours des chercheurs a évolué pendant le projet sur la manière de considérer les NBT au prisme de leur usages par la recherche malgache.

L'usage des PGE dépend d'une prise de conscience collective sur la nature de ces plantes et leur élaboration par des communautés d'acteurs diversifiées. Les avantages agronomiques, économiques et la maîtrise technologique doivent être mutualisés pour aboutir à une acceptabilité par les acteurs de la société civile qui privilégient les procédés technologiques rencontrant moins de facteurs limitants et ou d'incertitudes dans leur appropriation.

Les interactions des communautés d'acteurs ont mis en exergue la demande des organisations paysannes de renseigner l'évaluation des avantages apportés en comparaison à d'autres techniques d'amélioration des plantes ou des nouvelles pratiques d'amélioration de la fertilité des sols (Figure 2), plus accessibles aux agriculteurs. Corollairement, au terme du projet, le chercheur initiateur du projet GeneRice a partagé et soutenu l'idée de privilégier dans les efforts futurs le recours aux méthodes de sélections classiques, moins contraignantes pour l'acceptation des variétés générées [RAZ 21], cet avis étant justifié lorsque des performances similaires à celles des PGE peuvent être obtenues par ces méthodes ou à travers des changements d'itinéraires techniques.

La démarche a renforcé les connaissances sur les besoins d'amélioration prioritaires des variétés de riz au sein de la recherche nationale Malgache et internationale (CIRAD, Africa Rice). Le Centre National de Recherche Appliquée au Développement Rural (FOFIFA), qui est l'acteur principal de la création variétale à Madagascar, développe à ce jour essentiellement des méthodes de sélection et de croisement entre variétés possédant des caractères complémentaires pour la résistance aux maladies (cas de la pyriculariose), la résistance au *Striga*, la tolérance au froid, etc.

La communauté scientifique locale a également bénéficié de renforcement de capacités inhérentes aux formations par la recherche de chercheurs, des encadrements de post-doctorants, doctorants et d'étudiants en master. Ces compétences renforcent l'expertise locale en matière d'utilisation et contrôle de la technique de l'édition du génome et de manière plus générique d'évaluation de la pertinence d'utilisation de nouvelles technologies.

#### 4. Conclusion

Les principaux résultats confirment comment les NBT renouvellent les questions de gouvernance sociétale, institutionnelle et donc politique qui étaient liées aux plantes OGM dans un contexte de pays du sud, illustré ici par l'étude de cas localisé à Madagascar. Le potentiel d'innovation que les NBT peuvent apporter, spécifiquement l'édition du génome, dans leur capacité à conférer à une variété de riz pluvial de type *japonica*, *Chhomrong Dhan*, le caractère complexe d'une meilleure efficacité d'utilisation de l'azote existant chez certaines variétés de type *indica*, a été démontré, cela dans un temps court et sans introduire de gène étranger au riz, contrairement aux méthodes d'obtention des variétés OGM.

L'analyse de l'acceptabilité par un processus participatif a permis aux parties prenantes de se rendre compte de l'intérêt de documenter la question réglementaire, même si la technologie n'est pas encore localement présente. Cela au regard d'enjeux d'évaluation sur les plans alimentaire, sanitaire, environnemental et institutionnel mais aussi d'enjeux en termes de souveraineté des trajectoires technologiques de transformation de l'agriculture. Si le consensus n'a pas été établi en faveur ou non de l'acceptation d'usage de cette technologie à Madagascar, la démarche adoptée a renforcé les capacités des laboratoires locaux dans la différenciation des variétés OGM classiques de celles issues des nouvelles techniques génomiques, dont l'édition du génome.

Cette démarche a rétroagi sur la non mise en œuvre d'une expérimentation (objectif initial) dans un contexte de régulation institutionnelle fragile, mais également sur la consolidation des cadres expérimentaux et institutionnels qui permettent aux parties prenantes impliquées (chercheurs, politiques, juristes, organisations de producteurs) de détecter l'usage de plantes génétiquement éditées parmi les variétés utilisées à Madagascar. Les asymétries de connaissances entre les différentes catégories d'acteurs, communautés rurales, société civile, pouvoirs publics et recherche, ont été réduites. La démarche méthodologique a contribué à élaborer des stratégies d'actions pour préparer les systèmes nationaux de recherche à accompagner les innovations potentielles liées aux promesses technologiques que porte l'utilisation de l'édition du génome en agriculture. Elle

contribue par la même à réduire la tension qui oppose « principe de précaution » et « principe d'innovation ».

En ce qui concerne la variable de succès expérimental de l'accroissement du caractère NUE chez le riz, la démarche souligne la nécessité de renseigner la comparaison d'efficacité socio-économique et agronomique de cette technologie avec d'autres méthodes agroécologiques d'amélioration des performances de la plante (associations, rotations, microbiote..).

Cette démarche méthodologique de mise en débat citoyen dans une situation ex-ante ne peut renseigner les risques d'indivisibilité entre l'usage de nouvelles variétés créées et celui des intrants associés (pesticides, engrais, etc.). Les risques d'une dépendance possible de l'édition du génome à un mode de production industrialisé gouverné par des firmes transnationales et donc une perte de « souveraineté technologique » reste donc à analyser. L'édition du génome peut en soit devenir le nouveau « cheval de Troie », après les plantes OGM, de la massification d'usage d'herbicides, dont les conséquences sur la biodiversité et la santé de populations, si elles commencent à être connues, sont encore peu révélées par les marchés [TEM 21]. L'interdiction réglementaire d'usage de nouvelles variétés qui seraient liées à un accroissement d'usage (direct ou indirect) d'herbicides et d'insecticides éliminerait peut-être ce risque. Pour renforcer une gouvernance évolutive de l'innovation variétale nous suggérons l'implication des communautés rurales comme parties prenantes et non pas comme simples clients, mais aussi pour contribuer à remettre la biodiversité au centre des objectifs de l'amélioration des plantes.

La démarche d'évaluation mobilisée a permis la caractérisation collective des risques en impliquant les institutions publiques qui activent la réglementation. Cette posture a cependant confirmé la difficulté à stabiliser des cadres de gouvernances publics dans des contextes institutionnels fragiles et une situation d'incertitudes scientifiques et techniques sur les conséquences de ces techniques. Par ailleurs, dans le cadre temporel limité d'un projet, elle n'a pas pu résoudre les problèmes d'asymétries de connaissances entre communautés d'acteurs. Elle les a tout au plus réduit.

Ces incomplétudes précédentes suggèrent, en relation avec d'autres travaux [LAU 18], de passer de démarches « collaboratives » mobilisées trop fréquemment pour définir les conditions d'acceptabilité de nouvelles technologies, à des démarches « coopératives ». Dans ces démarches coopératives le préalable à la collaboration est la mutualisation des bases de connaissances et d'apprentissage permettant de définir en commun le problème à résoudre et l'expérimentation des différentes options possibles. Dans cette « mutation » il ne s'agit plus de conduire des essais d'évaluation auprès de paysans individuels pour tester les conditions décentralisées d'adoption, moteurs potentiels des mécanismes de diffusion. Il s'agit d'élaborer avec les acteurs collectifs des communautés rurales (organisations paysannes, acteurs communautaires) une identification collective d'un problème commun prioritaire dans un socio-écosystème donné, et ensuite par des essais conduits en partenariat, de mettre en comparaison les différentes technologies disponibles. Cette mise en comparaison ne doit plus porter uniquement sur les critères techniques de performances de ces technologies mais sur les conséquences économiques et sociales dans l'amélioration d'indicateurs collectifs de bien-être et sur le long terme, sur les conséquences sur la biodiversité, la santé et les dépendances sociotechniques.

## 5. Remerciements

A Nour AHMADI (CIRAD) pour son soutien à l'inclusion des SHS dans le projet GeneRice, Christophe PERIN (CIRAD) pour des relectures de certains passages de l'article et Fanilo N. A. RAMANITRINIZAKA (Université d'Antananarivo) dans son implication dans les traductions en langue Malgache, ce qui ne les engage pas sur l'ensemble des conclusions proposées.

## 6. Financement

Ce travail a été réalisé grâce à l'appui financier du projet GeneRice, grant N° 1605-019, financé par Agropolis Fondation, Montpellier, France. Nous remercions l'ensemble des chercheurs, étudiants et acteurs ayant participé à ce projet.

## 7. Bibliographie

- [AND 15] ANDERSEN M.M., LANDES X., XIANG, W., ANYSHCHENKO A., FALHOF, J., ØSTERBERG J.T. ... & PALMGREN, M.G., « Feasibility of new breeding techniques for organic farming », *Trends in Plant Science*, vol. 20, 7, p. 426-434, 2015.
- [ANG 17] ANGEVIN F., Bagnis C., Bar-Hen A., Barny, M.-A., Boireau P. et al.. Avis sur les nouvelles techniques d'obtention de plantes (New plant breeding techniques-NPBT). [0] Haut Conseil de Biotechnologie, 2017. ffhah-02791518
- [BER 19] BERTHEAU Y., « New breeding techniques: detection and identification of the techniques and derived products », in MELTON L., SHAHIDI F., VARELIS P. (eds.), *Encyclopedia of Food Chemistry*, Academic Press, 320–336, 2019, <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.21834-9>.
- [BER 20] BERTHINIER PONCET A., GONCALVES L.C., MITKOVA L., OZMAN M., « Regards croisés sur les approches internationales de l'innovation collaborative », *Innovations*, 62, 2, p. 5-15, 2020.
- [BOD 20] BODIGUEL L., « GM crops and conventional or organic agriculture coexistence in EU regulation », in *Genetically Modified and Irradiated Food*, 183-194, Academic Press, 2020.
- [DES 21] DE SARDAN, J. P. O.. *La Revanche des contextes: Des mésaventures de l'ingénierie sociale en Afrique et au-delà*, Editions Karthala, 2021.
- [GIR 19] GIRAUD G., KORREALES F., POGGI C., « Les inégalités dans le monde : où en est-on ? », *Études*, 1, 7-18, 2019, <https://www.cairn.info/revue-etudes-2019-1-page-7.htm>
- [GUI 20] GUIVARCH, C., TACONET, N., « Inégalités mondiales et changement climatique », *Revue de l'OFCE*, 165, 1, 35-70, 2020.
- [BON 08] BONNEUIL C., JOLY P.B., MARRIS C., « Disentrenching experiment: The construction of GM—crop field trials as a social problem », *Science, Technology, & Human Values*, 33, 2, 201-229, 2008.
- [BRA 17] BRAUN N., « Portée et limites des nouvelles technologies d'obtention végétale, les New plant Breeding Techniques (NPBT) », *F.F.E. : Annales des Mines – Réalités industrielles*, 1, 90-93, 2017
- [BRE 18] BREUMIER P., RAMAROSANDRATANA A., RAMANANTSOANIRINA A., VOM BROCKE K., MARQUIE C., DABAT M.-H., RABOIN L.M., « Évaluation participative des impacts de la recherche sur le riz pluvial d'altitude à Madagascar de 1980 à 2015 », *Cahiers Agricultures*, 27, 15004, 2018.
- [CAR 17] CAROLAN M. « Publicizing food: big data, precision agriculture, and co-experimental techniques of addition », *Sociologia Ruralis*, 57, 2, 135-154, 2017.
- [DAB 08] DABAT MH, JENN-TREVER O, RAZAFIMANDIMBY S, BOCKEL L, « L'histoire inachevée de la régulation du marché du riz à Madagascar », *Économie Rurale* 303-304-305, 75–89, 2008.
- [DOW 23] DOWD-URIBE B., GLOVER D., SCHNURR, M.A. « Just Agricultural Science: The Green Revolution, Biotechnologies, and Marginalized Farmers in Africa. *Elementa Science of the Anthropocene* (in press), 2023
- [GLA 22] GLASZMANN J.C., AHMADI N., BILLOT C., TEMPLE L. « Édition du génome et amélioration des plantes : l'émergence d'une technologie », in GOULET F. (ed.), CARON P. (ed.), HUBERT B. (ed.), JOLY P.-B. (ed.), *Sciences, techniques et agricultures : gouverner pour transformer*, Presses des Mines, Paris, p. 243-248, 2022. ISBN 978-2-35671-845-7.
- [HAI 22] HAINZELIN E., « À propos du document de l'Agence nationale de la recherche Les apports de la génomique à l'agroécologie », *Nat. Sci. Soc.* 30, 1, 89-92, 2022.



[HER 20] HERBERT L., MEUNIER A.C., BES M., VERNET A., PORTEFAIX M., DURANDET F., REMY M., CHAINE C., THIS P., GUIDERDONI E., PÉRIN C., « Beyond seek and destroy: how to generate allelic series using genome editing tools », *RICE*, 13, 5, 1-9, 2020.

[HER 17] HERNANDEZ V., PHELINAS P., « L'impact économique et social de la production de soja transgénique en Argentine ». *Revue française de socio-Economie*, 18, 1, 31-51, 2017.

[KRA 20] KRANTHI K. R., STONE G. D., « Long-term impacts of Bt cotton in India », *Nature plants*, 6, 3, 188-196, 2020.

[KUM 20] KUMAR A., KUMAR R., SINGH N., MANSOORI A., « Regulatory framework and policy decisions for genome-edited crops », in BHATTACHARYA, A., PARKHI, V., CHAR, B. (eds) *CRISPR/Cas Genome Editing. Concepts and Strategies in Plant Sciences*. Springer, Cham, 2020. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-42022-2\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-030-42022-2_9).

[LAN 15] LANDEWEERD L., TOWNEND D., MESMAN J., VAN HOYWEGHEN I., « Reflections on different governance styles in regulating science: a contribution to 'Responsible Research and Innovation », *Life Sciences, Society and Policy*, 11, 8, 2015, doi 10.1186/s40504-015-0026-y.

[LAP 09] LAPERCHÉ B., « Stratégies d'innovation des firmes des sciences de la vie et appropriation des ressources végétales : processus et enjeux », *Mondes en développement*, 3, 109-122, 2009.

[LAT 08] LATOUR B., « Pour un dialogue entre science politique et science studies », *Revue française de science politique*, vol. 58, 657-678, 2008.

[LAU 18] LAURENT É., *L'impasse collaborative : pour une véritable économie de la coopération*, Éditions Les liens qui libèrent, Paris, 2018.

[NLE 21] NLEND NKOTT A. L., TEMPLE L., « Societal acceptability conditions of genome editing for upland rice in Madagascar », *Technological Forecasting and Social Change*, 167, 120720, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120720>.

[POO 19] POORTVLIET P. M., PURNHAGEN K. P., BOERSMA R., GREMMEN B., « On the legal categorisation of new plant breeding technologies: Insights from communication science and ways forward », *European Journal of Risk Regulation*, 10, 1, 180-186, 2019.

[RAK 21] RAKOTOMALALA J., VOM BROCKE K., FROUIN J., POT D., RABEKIJANA R., RAMANANTSOANIRINA A., RATSIMALA I.R., CAO T.V., « Breeding for Nitrogen use Efficiency: Lessons from Genomic Prediction. Experiments Based on a Broad-based Population of Upland Rice », *Journal of Rice Research*, 9, 9, 1000264, 2021.

[GAR 23] GARRUCHET, V., BOSC, P. M., & MIALET-SERRA, L'Agriculture à Madagascar: évolution, chiffres clés et défis. PRÉRAD, Océan Indien, Cirad Montpellier 88p, 2023.

[CAT 18] CATAFORA-VARGAS, G., BINIMELIS, R., MYHR, A. I., & WYNNE, B. Socio-economic research on genetically modified crops: A study of the literature. *Agriculture and Human Values*, 35, 489-513, 2018.

[RAM 12] RAMBININTSAOTRA S., Examen et évaluation de la législation existante et des structures pour la mise en œuvre du cadre national de biosécurité, Projet PNUE/GEF Appui à la mise en œuvre Du Cadre National de Biosécurité À Madagascar. Rapport, 2012. <https://www.environnement.mg/wp-content/uploads/2020/02/Examen-et-%C3%A9valuation-de-la-l%C3%A9gislation-existante-et-des-structures-pour-la-mise-en-%C5%93uvre-du-cadre-national-de-bios%C3%A9curit%C3%A9.pdf>.

[RAZ 23] RAZAFIMAHATRATRA, H. M., TEMPLE L., « Institutions regulating the risks of using genetically modified plants in Madagascar », *Revue Recherches pour le Développement, série Sciences de l'Homme et de la Société*, n°17 - ISSN 1022-8691, Edition Centre d'Information et de Documentation Scientifique et Technique, 20p, 2023.

[RAZ 22] RAZAFINIMPIASA L., RABEHARISOA L., TEMPLE L., « Chemins d'impacts de la recherche agronomique appliquée à un projet de fertilisation phosphatée de la riziculture pluviale à Madagascar », *Tropicicultura*, 40, 2, 20-46, 2022. DOI: 10.25518/2295-8010.2046.

[RAK 21] RAZANAKOTO O., TEMPLE L., TROUCHE G., Des objectifs scientifiques à la recherche d'un compromis citoyen sur le déploiement de variétés de riz génétiquement éditées à Madagascar. Synthèse : Projet GeneRice Agropolis Fondation., 6 p, 2021. <https://agritrop.cirad.fr/5994>.

[REP 04] REPOBLIKAN'I MADAGASIKARA, Politique et Structure Nationales de Biosécurité à Madagascar : Examen et évaluation de la législation existante. Antananarivo, 2004. <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/mad151426.pdf>.

[SCH 20] SCHIEMANN J., ROBIENSKI J., SCHLEISSING S., SPÖK A., SPRINK T., WILHELM R.A., « Editorial: Plant Genome Editing – Policies and Governance ». *Frontiers in Plant Science*, 11, 284, 2020. doi: 10.3389/fpls.2020.00284.

[SCH 21] SCHOLEFIELD J., HARRISON P.T., « Prime editing – an update on the field ». *Gene Therapy*, 28, 396–401, 2021.

[TEM 18] TEMPLE D., *Le quiproquo historique*, Edition Lulu, Paris, 2018.

[TEM 19] TEMPLE L., AHMADI N., BELIERES J.F., NLEND L., RAMANANTSOANIRINA, A., RAMBININTSAOTRA S., RANDRIAMANAMPISOA. H., RAZAFIMANDIMBY S., RAZAFINDRALAMBO M., RAZANAKOTO O.R., VIGUIE R., VOM BROCKE K.. Forum sur l'innovation variétale rizicole liée aux biotechnologies à Madagascar. s.l. : s.n. 101 p. <https://agritrop.cirad.fr/591580/>, 2019.

[TEM 21] TEMPLE L., RAZANAKOTO O.R., RAZAFIMAHATRATRA M. H., NLEND NKOTT A. L., RAMANITRINIZAKA F. NY A., Gouvernance des conditions sociétales d'évaluation de Plantes de riz Génétiquement Editées à Madagascar. Policy brief DP Spad, 1-4, 2021. <https://agritrop.cirad.fr/598571/>.

[TEM 23] BUREAU-POINT E., TEMPLE L., La recherche en sciences humaines et sociales sur l'objet pesticide dans le cadre académique français : état des lieux et perspectives, *VertigO*, 22, 2, <http://journals.openedition.org/vertigo/38765>, 2023.

[VAN 22] VAN DYCK B., KENIS A., STIRLING A., « The genetically modified organism shall not be refused? talking back to the technosciences », *Environment and Planning E: Nature and Space*, 5, 3, 1230–1251, 2022. <https://doi.org/10.1177/25148486211042307>.

[VOR 03] VORLEY B., *Food, Inc.: Corporate concentration from farm to consumer*, UK Food Group, London, UK, 2003.