



Sa Majesté le Roi Mohammed VI
Que Dieu l'Assiste

**RAPPORT
D'AUTO-EVALUATION**

du Programme de Recherche
à Moyen Terme de l'INRA

PRMT 2017-2020

Division de l'information et de la communication
Tél : +212537779806 - Fax : +212537779807

Dépôt légal : 2021MO5474
ISBN : 978-9920-787-14-7

©INRA – Éditions 2021
www.inra.org.ma

Sommaire

Mot du Directeur

6

Présentation générale
de l'établissement

9

Mise en oeuvre du
PRMT et auto-évaluation

21

Bilan des réalisations
scientifiques et techniques

29

Bilan des performances

73

Analyse générale
et perspectives

87

Mot du Directeur



Dr. Faouzi Bekkaoui

*Directeur de l'Institut National
de la Recherche Agronomique*

LE Rapport d'auto-évaluation donne un aperçu sur la stratégie de l'INRA et résume l'impact des résultats sur les communautés de recherche ainsi que leur pertinence pour les groupes sociétaux à travers une confrontation des moyens mobilisés lors de cette période 2017-2020 aux performances réalisées.

L'INRA compte environ 170 chercheurs avec un budget moyen annuel de 276 million DH dont environ 100 millions DH de budget d'investissement. Le programme de recherche à moyen terme PRMT 2017-2020 a couvert 14 filières et 4 domaines prioritaires du Plan Maroc Vert définis avec la participation des partenaires de la sphère du développement agricole et d'autres horizons y compris les scientifiques et les professionnels. Pour réaliser ce PRMT nous avons mis en place des partenariats autour des projets de recherche et développement à travers 96 conventions. Certains de ces projets ont fait l'objet de contrats spécifiques de recherches développement pour un impact direct sur le développement des filières agricoles comme celles passées avec les fédérations inter-professionnelles.

Notre interaction avec le monde académique dépasse la collaboration scientifique pour atteindre un degré avancé, en l'occurrence, la mutualisation des moyens et des plateformes de recherche. Lors des quatre dernières années, nous avons accueilli 342 masterants et 106 doctorants, et nous nous réjouissons de cette mission en cours de reconnaissance par les pouvoirs publics à savoir la participation active dans la formation au sein de nos laboratoires et domaines expérimentaux.

La production scientifique a connu une avancée significative pour atteindre lors de la période 2017-2020 le nombre de 548 publications dans des revues à comité de lecture, soit un taux de publication moyen de 0,84/chercheur /an. Ce taux a atteint 1,18 en 2020. Cette performance témoigne de l'intérêt croissant au sein de la communauté des chercheurs de l'INRA à la valorisation de leurs travaux et le soutien dont ils bénéficient de la part des services d'appui. Les efforts continueront pour s'aligner sur les réalisations des organismes performants au niveau international.

L'enregistrement de nouvelles variétés est un autre indicateur de dévouement des chercheurs de l'INRA, non seulement à travers les programmes de conservation et d'amélioration génétique, mais également par l'adoption des outils de biotechnologie qui sont de plus en plus déterminants dans les programmes de sélection. En quatre ans, l'INRA a enregistré 31 variétés dont huit de cactus et six d'arganier.

Nous avons continué le transfert des connaissances et des technologies aux utilisateurs aussi bien par le renforcement des capacités techniques des groupes cibles que par la cession des technologies. Récemment, nous avons concédé à la SONACOS huit variétés de céréales et légumineuses qui contribueront à travers leur potentiel de rendement et leurs caractéristiques agronomiques et technologiques à l'essor des filières correspondantes.

L'objectif de ce rapport, et du processus d'auto-évaluation dans son ensemble, est non seulement d'établir le bilan des réalisations et des performances, mais également d'offrir à notre institution l'opportunité d'innover en terme de nouvelles approches pour contribuer au développement de l'agriculture nationale.

Conscient que la performance est conditionnée par une bonne gouvernance, nous avons entamé plusieurs chantiers structurants pour améliorer les moyens et les conditions de travail de nos chercheurs, et promouvoir le transfert des résultats de recherche en maximisant leur impact socio-économique. Plusieurs task forces ont été mises en place avec la participation des chercheurs et des managers. L'objectif étant de fournir des solutions réfléchies sur plusieurs questions stratégiques et opérationnelles dans un esprit d'ouverture, de transparence et d'intégrité pour une collaboration effective, orientée vers la performance.

Nous espérons que ce rapport fournit une analyse transparente et synthétique de la façon dont la recherche à l'INRA s'est développée ces dernières années et pour hisser l'INRA au rang des instituts de recherche de pointe. Nous espérons également que notre dévouement à examiner les défis sociétaux urgents et notre engagement à fournir des réponses innovantes à ces défis trouveront leur expression dans ce rapport en énonçant des perspectives pour le futur.

Présentation générale de l'établissement

LE Maroc n'échappe pas aux grands défis mondiaux qui s'imposent à l'agriculture tels que la sécurité alimentaire, le changement climatique et la durabilité des ressources naturelles... De plus, il convient de prendre en compte les fortes spécificités de l'agriculture marocaine liées notamment aux systèmes et modes de production très diversifiés et aux rôles assignés à ce secteur dans le développement économique et social du pays.

Face à ces défis, la recherche agronomique constitue un levier essentiel dans les politiques de développement agricole. L'INRA, qui est l'acteur majeur dans ce domaine, a été mandaté pour mener des recherches en appui aux politiques publiques de développement et de pérennisation des systèmes de production.

Les missions assignées à l'INRA en référence à la loi n°40-80 cadrent la nature de recherches à mener. Le champ disciplinaire s'articule autour des sciences qui s'intéressent au végétal, à l'animal, à l'environnement physique et socio-économique ainsi qu'aux technologies qui visent l'amélioration de la production agricole, dont les procédés de transformation des produits et leurs utilisations. En plus de la recherche, l'INRA est mandaté à effectuer de l'expertise, du contrôle des recherches, de la diffusion de l'information et du transfert de technologies.

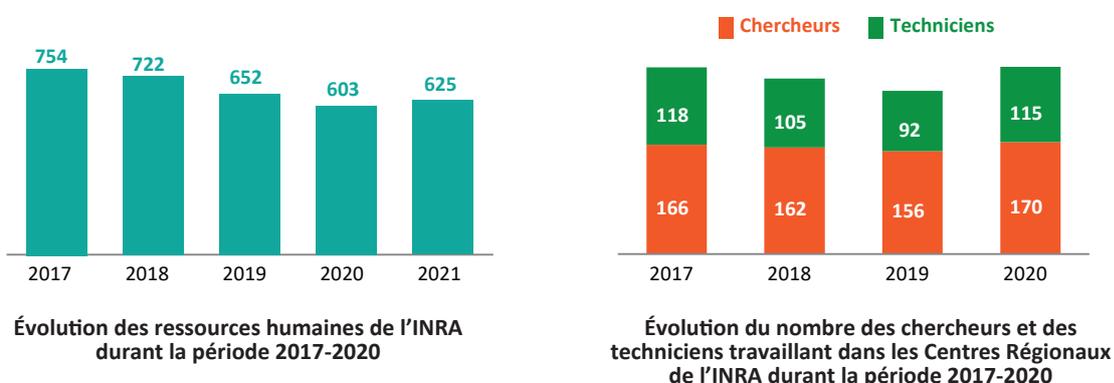
Missions de l'INRA

1. Procéder aux recherches scientifiques, techniques, économiques et sociologiques ayant pour objet le développement de l'agriculture et de l'élevage
2. Effectuer les études prospectives, en particulier celles qui portent sur le milieu naturel ou qui ont trait à l'amélioration des productions végétales ou animales
3. Entreprendre, soit de sa propre initiative, soit à la demande des particuliers, des essais sur les cultures à améliorer ainsi que sur la production animale et, d'une façon générale, de mener toutes les actions expérimentales à caractère agricole ou celles concernant la mise au point de procédés de transformation et d'utilisation des produits végétaux et animaux
4. Assurer, dans le cadre de ses compétences, le contrôle des recherches, études ou travaux effectués pour le compte des personnes publiques
5. Assurer la diffusion de la documentation relative tant à ses propres recherches qu'à celles effectuées à l'étranger
6. Étudier et déterminer scientifiquement les modalités pratiques de l'application des résultats de ses recherches et, dans ce cadre, de conseiller les organismes de vulgarisation agricole et les agriculteurs
7. Commercialiser les résultats de ses recherches, études et travaux.

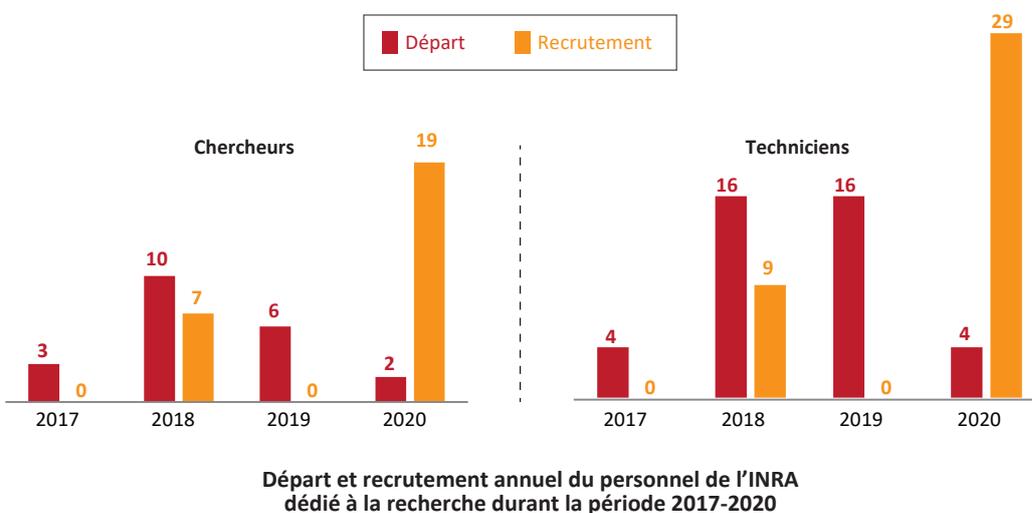
Ressources humaines

Les ressources humaines sont un facteur déterminant pour le bon développement et la continuité de tout établissement public. A l'INRA, la pérennisation de l'activité de recherche passe par la capacité de l'établissement à garder des compétences dans une panoplie de domaines, les motiver et les mobiliser autour des enjeux de la recherche agronomique.

En janvier 2021, l'INRA a compté 625 employés. Ce chiffre montre une régression de 129 employés par rapport à 2017. Cette évolution en baisse a touché principalement le personnel de support. Le nombre de chercheurs a progressé de 3 employés et le nombre de techniciens a régressé de 3 employés.



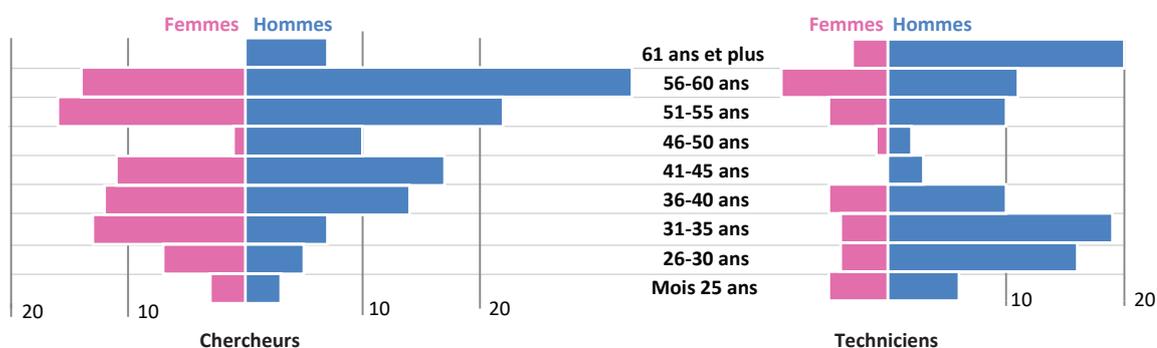
Durant la période 2017-2020, l'effort de recrutement du personnel dédié à la recherche a permis de stabiliser les effectifs. Pendant l'année 2020, le recrutement de 19 Ingénieurs d'État et chargés de recherche a permis de gagner 3 employés dans cette catégorie. La catégorie de techniciens a également profité de 29 recrutements pendant l'année 2020, mais les départs massifs pendant cette période (40 départs) n'a pas permis de faire progresser leur nombre.



Il faut signaler que selon la norme de l'UNESCO, le ratio technicien/chercheur est de l'ordre de **2**. À l'INRA, le chiffre a été de **0,68** en 2020 ce qui reste inférieur à la norme internationale.

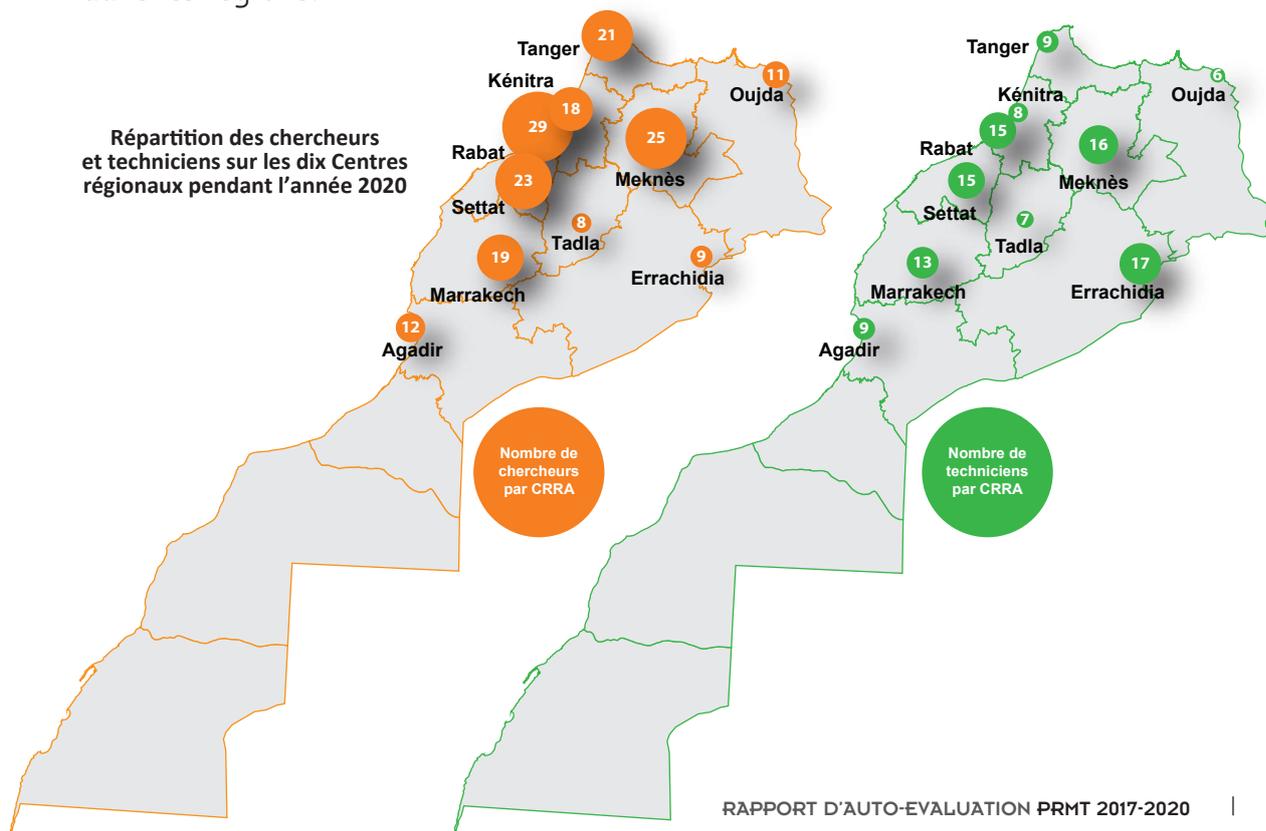
En terme de genre, l'INRA compte 31% de femmes contre 69% d'hommes en fin de la période 2017-2020. Pour les chercheurs, ce taux augmente à 39% pour femmes contre 33% en fin de la période 2013-2016.

Concernant l'évolution future du personnel dédié à la recherche, 42 chercheurs et 41 techniciens atteindront l'âge de la retraite (60 ans) pendant les quatre prochaines années. L'INRA bénéficie du service de certains chercheurs et techniciens, à leur demande, au-delà de l'âge de retraite. Leur nombre dans les Centres régionaux est de 7 chercheurs et 23 techniciens.

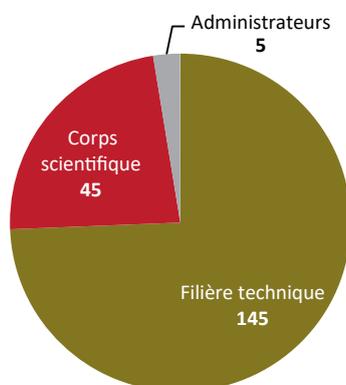


Pyramide des âges des chercheurs et techniciens par genre dans les Centres régionaux lors de l'année 2020

En plus du remplacement de ces ressources, le redressement des effectifs de l'INRA nécessiterait également une adéquation des effectifs avec les besoins dans les régions.

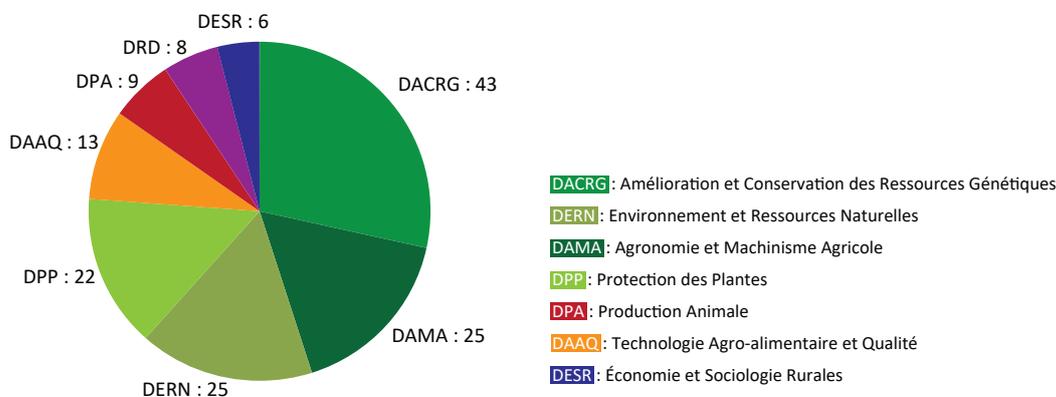


Selon le statut de l'institution, les chercheurs à l'INRA sont répartis en trois filières dont 75% appartient à la filière technique régie par le statut interministériel des ingénieurs. Cette proportion a été de 59% en 2016.



Répartition des chercheurs par statut en 2020

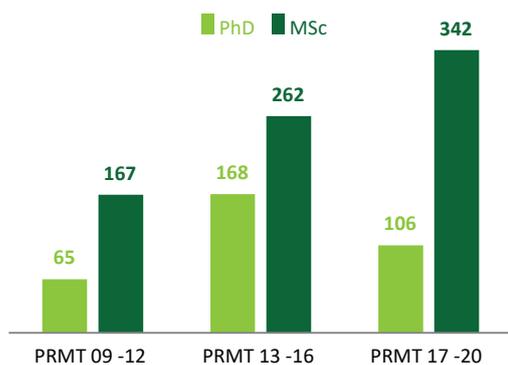
La répartition des chercheurs par Département scientifique reflète la taille des effectifs dans les différents champs thématiques. En effet, les chercheurs en biotechnologies et amélioration génétique des plantes représentent 28% des profils, suivis des chercheurs en agronomie et en sciences de l'environnement.



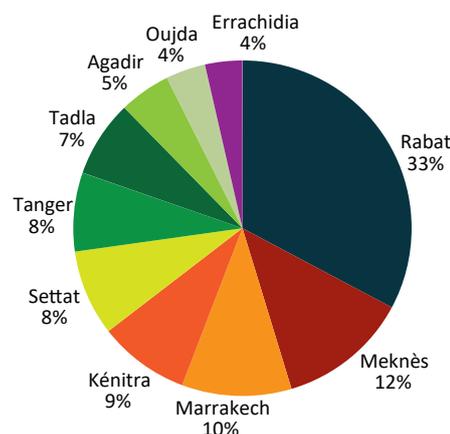
Répartition des chercheurs par Département scientifique en 2020

Les laboratoires de l'INRA ont accueilli des étudiants de différents établissements d'enseignement supérieur, dont **106** nouveaux thésards et **342** étudiants en master. Le CRRRA de Rabat a accueilli à lui seul le tiers de ces étudiants. Une comparaison avec la période 2013-2016 monte une progression des étudiants en master de 30%. Les étudiants accueillis à l'INRA et travaillant dans le cadre du PRMT, profitent de la formation par la recherche, des infrastructures et des financements de l'INRA, et sont étroitement associés à la production scientifique.

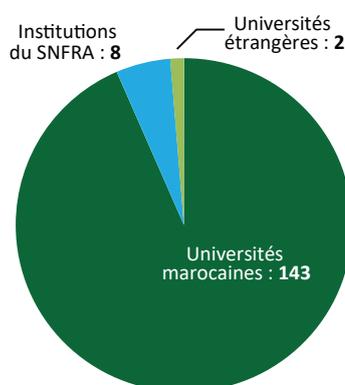
Les étudiants en cours de doctorat proviennent généralement des universités marocaines. 5% seulement proviennent des établissements du SNFRA et 1% des universités étrangères.



Comparaison du nombre de doctorants et masterants à l'INRA pour les trois derniers PRMT



Répartition des étudiants stagiaires à l'INRA par Centre régional d'accueil pendant la période 2017-2020



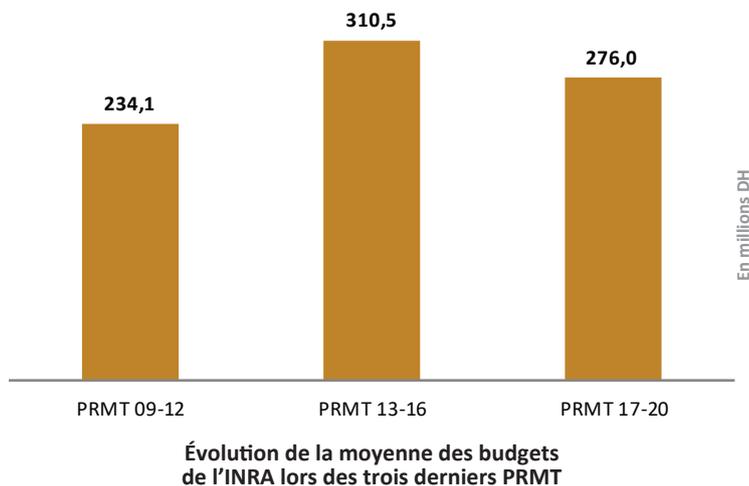
Provenance des étudiants accueillis à l'INRA pour effectuer un PhD durant la période 2017-2020

Dans l'objectif de renforcer les capacités des employés de l'INRA, un total de 14 agents a suivi des formations diplômantes durant la période 2017-2020, soit 1 licence, 3 Mastères et 10 Doctorats. Ce personnel est dédié aussi bien à la recherche qu'à la gestion et l'appui de la recherche. En plus des financements de l'INRA, ces formations ont été financées grâce à la participation d'organismes internationaux tels que la Banque Islamique de développement et l'Académie de recherche et d'enseignement supérieur en Belgique.

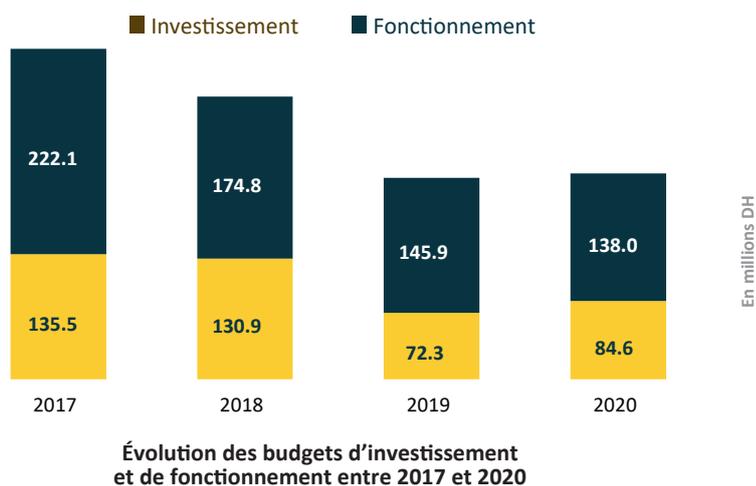
Concernant les stages, les séjours scientifiques et les formations de courte durée, le nombre a atteint 132, effectués en majorité dans les établissements de formation et de recherche en Europe.

Ressources budgétaires

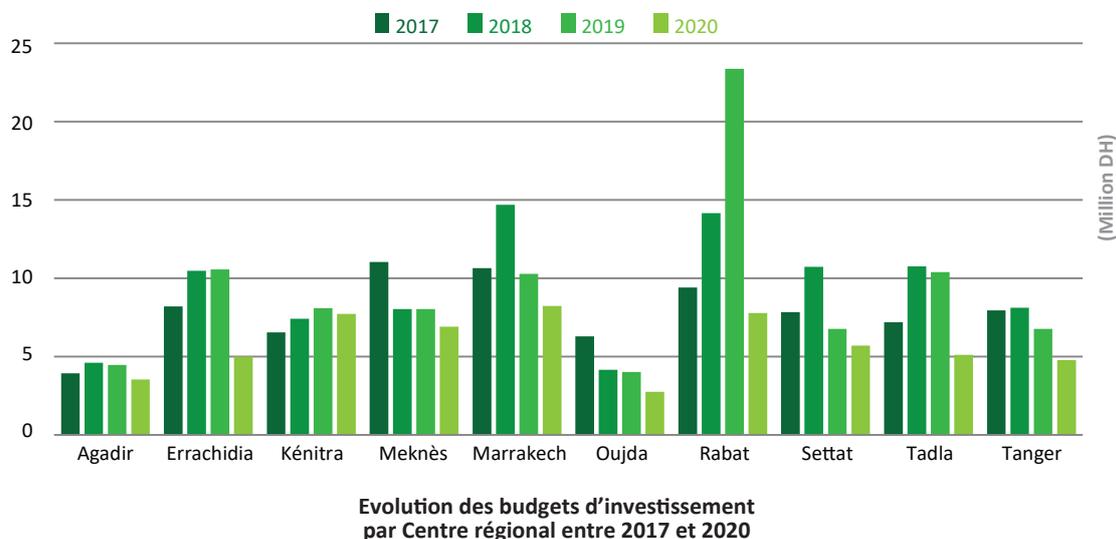
Le budget annuel alloué à l'INRA lors du PRMT 2017-2020 a été en moyenne d'environ 276 millions DH, soit une diminution d'environ 35 millions DH par rapport à la moyenne du PRMT 2013-2016.



Le budget de fonctionnement a connu une diminution significative en perdant 84.1 millions DH entre 2017 et 2020. Généralement, le budget de fonctionnement varie selon dépenses du personnel qui le constituent quasiment. Quant au budget d'investissement, il a perdu presque 40% de sa valeur entre la première et la seconde moitié du PRMT. Ceci est dû en partie aux restrictions budgétaires qui ont succédé à la crise de la Covid19.

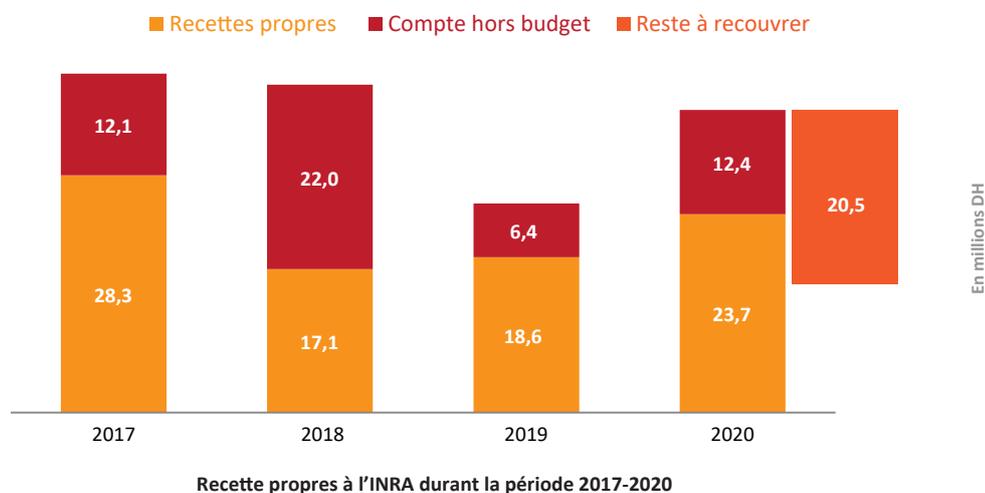


Dans les Centres régionaux, les budgets d'investissement ont pratiquement suivi la même tendance générale, sauf pour le Centre régional de Rabat qui a connu en 2019 le début des travaux de construction du Centre National des Ressources Génétiques.



Nous rappelons que le budget d'investissement est directement lié aux opérations de construction, d'aménagement et d'achat de matériel scientifique et technique. Ce budget est défini sur la base de fiches projets qui parviennent des unités de recherche dans les différents Centres régionaux et qui subissent une priorisation selon la pertinence de l'investissement et la disponibilité des financements.

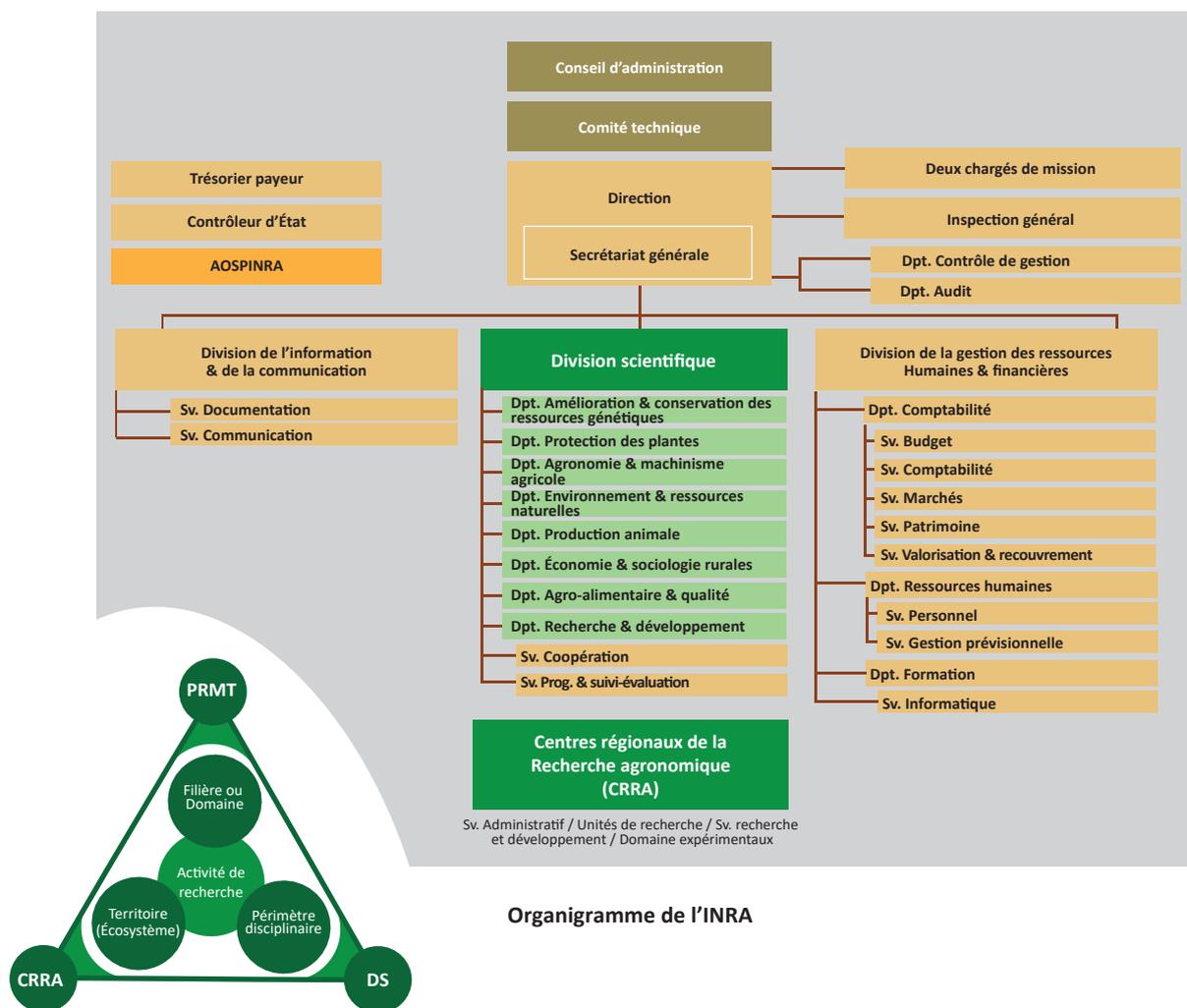
Les **recettes** propres à l'INRA sont constituées principalement de royalties, tandis que le compte hors budget est alimenté de fonds mobilisés à travers les programmes de recherche contractuels. La somme des deux montants pendant la période 2017-2020 a atteint **140,7** millions DH contre **146,3** millions DH pour la période 2013-2016. Le reste des recettes à recouvrer en 2020 a été de **20,5** millions DH contre **17,8** millions DH en 2016.



Gouvernance et animation scientifique

L'INRA opère dans un système national de recherche et formation agricole qui le lie aux établissements d'enseignement supérieur : IAV Hassan II, l'ENAM et l'ENFI. Cette liaison implique un renforcement mutuel des capacités et un partage des moyens au service d'une formation et une recherche de qualité. En outre, l'action de l'INRA est inscrite dans le continuum recherche-vulgarisation-agriculteur qui implique un processus de genèse, d'adaptation, de transfert, et d'adoption des technologies avec des éléments interactifs d'opérations dont l'ONCA est le partenaire clé.

L'INRA est structuré en trois axes. Le premier est scientifique, conçu autour de huit Départements disciplinaires qui composent la Division Scientifique. Le second est territorial, matérialisé par les dix Centres régionaux de la recherche agronomique. Et le troisième est représenté par le programme de recherche à moyen terme. Cette organisation du métier est confortée par beaucoup de structures d'appui et d'orientation qui apparaissent dans l'organigramme de l'INRA officialisé en 2003.



Organigramme de l'INRA

L'INRA dispose de **plateformes de recherche** et d'expérimentation reliées aux CRRAs dans les différentes régions du pays. Ainsi, 23 domaines expérimentaux équipés de matériel agricole et dotés de stations météorologiques sont répartis sur l'ensemble des écosystèmes marocains. Ces domaines renferment des plateformes d'expérimentation, des collections de patrimoine génétique unique, des plateformes de démonstration, ainsi que des plateformes de multiplication des semences de pré-base. Les laboratoires couvrent toutes les disciplines en relation avec la recherche agronomique. Ces laboratoires effectuent des analyses sur le milieu physique et le monde vivant et développent des procédés, des technologies et des innovations. Certaines plateformes de recherche couvrent des secteurs technologiques spécifiques comme la station d'ionisation à Tanger et la banque de gènes à Settat.

L'**Unité de Recherche** est l'enceinte où des équipes de recherche travaillent et interagissent sur des problématiques voisines pour développer des connaissances, des technologies et des expertises. Cette structure administrative réunit des chercheurs qui peuvent se partager les mêmes outils scientifiques, voire les mêmes activités. L'UR peut être organisée autour d'un périmètre disciplinaire, un écosystème, ou une filière de production agricole. Elle constitue la première interface fonctionnelle et organisationnelle de l'activité scientifique à l'INRA, et accueille à ce titre des stagiaires, notamment des étudiants en Doctorat, Mastère ou Licence. L'objet de l'Unité de Recherche est la conduite responsable de la recherche à l'INRA. Il s'agit de (i) permettre à des équipes de chercheurs collaborant de fournir une recherche d'excellence dans les domaines d'intérêt stratégique favorisant l'innovation et la qualité ; (ii) faciliter et promouvoir la recherche interdisciplinaire en favorisant le décroisement et la collaboration inter-CRRA ; (iii) assurer la visibilité aux travaux de recherche menés à l'INRA et rehausser le profil de la recherche ; (iv) offrir un environnement de recherche favorable au développement des capacités des nouveaux chercheurs et des stagiaires ; et enfin, (v) développer des partenariats et générer des financements externes supplémentaires issus de l'interaction avec des parties prenantes et par un large éventail d'utilisateurs finaux, publics et privés.

L'analyse de l'animation scientifique qui a été conduite en 2018 a révélé des insuffisances quant au fonctionnement des Unités de recherche. Parmi les raisons de cette situation, l'organisation en mégaprojets filières et domaines prioritaires en 2017 qui a causé certaines confusions quant aux rôles des coordinateurs du PRMT et ceux des UR. Un chantier de restructuration est prévu durant la période 2021-2024 pour remédier à ce dysfonctionnement.

En appui aux structures de la recherche, l'INRA offre une large gamme de ressources d'**information scientifique et technique** et de services conçus pour soutenir les chercheurs tout au long de leur cycle de recherche, depuis l'utilisation et la gestion efficace de l'information jusqu'à la publication et la diffusion de leurs recherches.

Le **partenariat** est un levier auquel l'INRA accorde beaucoup d'importance. En incitant ses chercheurs à s'ouvrir sur des collaborations fructueuses, l'INRA favorise la production des connaissances, des innovations et leur transfert aux programmes de développement agricole. Le partenariat est un cadre qui permet à l'INRA de soutenir ses programmes de recherche en s'investissant dans une large visibilité et en créant des opportunités à travers la mutualisation des ressources et le développement relationnel. L'INRA s'engage dans de nombreux partenariats qui concrétisent son attachement à soutenir les acteurs nationaux concernés par les enjeux de l'agriculture du pays. Ces mêmes enjeux, ayant le plus souvent une dimension planétaire, engagent l'INRA dans des partenariats avec des acteurs internationaux.

Le processus de **valorisation** à l'INRA concerne essentiellement le chercheur qui peut s'appuyer sur des structures comme le Service de recherche et développement pour la promotion de ses technologies, il peut également s'appuyer sur le représentant à l'INRA du réseau Tisc (Technology and Innovation Support Centers) mis en place par l'OMPIC pour la protection de la propriété intellectuelle. Pour le recouvrement, l'INRA dispose d'un service chargé de ce volet et abrité au sein de la Division de la gestion des ressources humaines et financières.

Durant la période 2017-2020, la **Direction a été renouvelée**. Plusieurs chantiers ont été amorcés, sans être exhaustif, on pourrait citer entre autres : L'élaboration de la charte d'éthique et d'intégrité scientifique, le lancement du chantier de digitalisation, la redynamisation de la communication institutionnelle et scientifique, la sécurité du personnel et du matériel, la gestion axée sur la performance, le renforcement des œuvres sociales, etc.

Mise en oeuvre du PRMT 2017-2020 et auto-évaluation

LE Programme de Recherche à Moyen Terme établit et organise l'activité de recherche à l'INRA pendant une durée de quatre années. Il est composé de mégaprojets filières et domaines prioritaires résultant d'un processus de programmation participatif axé sur la demande des partenaires et leurs besoins prospectifs. Ce programme, décliné en plans d'actions annuels dans les Régions, est sujet au processus systématique de revue visant à déterminer en continu les progrès et à guider les décisions relatives à sa gestion. A mi-parcours et vers sa fin, le constat sur l'accomplissement et la performance du PRMT est établi afin de fournir un bilan des réalisations et des enseignements utiles au processus décisionnels.

Processus de programmation

Comme suite à l'auto-évaluation du PRMT 2013-2016 et l'analyse du bilan des actions entreprises durant la période de sa réalisation, l'INRA a engagé le chantier de l'élaboration du PRMT 2017-2020. Ce programme contient des questions de recherche en réponse aux contraintes réelles exprimées par les partenaires dans le cadre de la stratégie Plan Maroc Vert (PMV), tout en considérant les besoins en recherches prospectives que les chercheurs identifient à partir de leur veille scientifique et le bilan des résultats de recherche des programmes antérieurs. Cet exercice a rassemblé les équipes de chercheurs en parallèle avec des rencontres au niveau régional tenues avec les acteurs locaux concernés par le développement agricole. L'objectif est d'induire un meilleur impact de la recherche sur l'environnement socio-économique et politique national.

Les ateliers d'élaboration des axes stratégiques de recherches ont permis la stimulation des synergies entre chercheurs qui ont échangé de manière enrichissante et constructive sur les enjeux et perspectives liés aux thématiques du PRMT. C'est dans ce cadre que l'INRA a organisé un atelier national de restitution en vue de partager les résultats de ces différentes réunions, et les travaux qui les ont succédé pour élaborer les avant-projets du PRMT 2017-2020. En plus de cette restitution, des orientations pour plus de pertinence, d'efficacité, et d'efficience du PRMT ont été prises en considération pour parfaire le processus de programmation.

Après avoir finalisé les avant-projets, les chercheurs ont élaboré les projets détaillés de chaque filière et domaines prioritaire. Le PRMT 2017-2020, constitué de 16 méga-projets a été proposé pour validation lors de la session du Conseil d'Administration du mois de juin 2017. Cette validation a été suivie de rencontres avec les partenaires pour développer davantage de collaborations autour des axes du PRMT.

La connaissance étant au cœur des projets de recherche menés à l'INRA : En partant de l'état de l'art, les chercheurs posent des questions et construisent des hypothèses pour mettre au point des protocoles expérimentaux qui apporteront à leur tour de nouvelles connaissances. Depuis ses laboratoires et ses domaines expérimentaux jusqu'aux utilisateurs, l'INRA est impliqué dans le continuum de la recherche pour être en mesure de transformer les connaissances en progrès pour l'agriculture nationale.

Principaux traits du PRMT 2017-2020

Cette rubrique présente une vue d'ensemble du PRMT 2017-2020 axé sur les filières et les domaines du Plan Maroc Vert. Seize mégaprojets ont constitué ce PRMT :

Conservation et utilisation des ressources génétiques pour l'alimentation et l'agriculture

- Enrichir et conserver les ressources génétiques végétales, animales et celles des micro-organismes.
- Assurer une gestion optimale des ressources génétiques à intérêt agricole, biotechnologique et industriel.
- Assurer la pérennité et la viabilité des ressources génétiques de la banque de gènes.

La Biotechnologie pour le développement de l'agriculture nationale

- Appuyer la sélection variétale par l'adoption des technologies de nouvelle génération.
- Créer de nouvelles ressources génétiques performantes et adaptées au changement climatique.
- Étudier l'interaction moléculaire entre plante hôte et microorganisme en tenant compte des facteurs liés à l'environnement, selon l'approche génomique comparative.

Études sur la productivité des terres agricoles et développement des outils d'aide à la décision pour une agriculture durable

- Développer des outils d'aide à la décision pour définir la vocation durable des terres cultivées.
- Améliorer la fertilité des sols et la fertilisation des cultures pour augmenter la productivité agricole et assurer la durabilité des systèmes de production.
- Améliorer la qualité du sol et sa productivité en adoptant des pratiques agricoles adéquates et en valorisant les différents amendements organiques, chimiques et biologiques.

Gestion durable des parcours

- Concevoir et mettre en place un système opérationnel de suivi des espaces pastoraux.
- Contribuer à la réhabilitation des pâturages et à la préservation de la biodiversité en mettant l'accent sur les espèces pastorales autochtones.
- Contribuer à l'amélioration de la durabilité des écosystèmes sylvo-pastoraux de la région du Nord.
- Améliorer les performances des organisations professionnelles pastorales pour une gestion rationnelle des parcours.
- Réhabiliter les systèmes d'élevage pastoraux à travers la diffusion de paquets technologiques adaptés aux principaux écosystèmes pastoraux.

Développement de modèles agricoles durables et résilients

- Développer de nouvelles variétés de céréales, légumineuses et oléagineuses productives et adaptées aux différents stress biotiques et abiotiques pour les différentes zones agro-climatiques.
- Améliorer la productivité, la résilience et la durabilité des agro-systèmes à base de céréales, légumineuses et oléagineuses.
- Améliorer les systèmes d'aide à la décision pour assurer la durabilité des systèmes de production à base de céréales, légumineuses et oléagineux.
- Valoriser les productions par la caractérisation de leur qualité technologique et nutritionnelle, par la transformation et la diversification.
- Améliorer les performances économiques des filières céréales et légumineuses à travers le développement de systèmes de production performants et durables.
- Assurer le transfert des technologies et des connaissances issues des recherches sur les systèmes de production à base de céréales, légumineuses et oléagineux.

Amélioration de la productivité, de la durabilité et de la compétitivité de l'olivier

- Caractériser les ressources génétiques locales et introduites et sélectionner les variétés d'olivier performantes, compétitives et productives pour les différentes zones de production.
- Optimiser la gestion des systèmes de production pour un développement durable de la filière dans un contexte de changement climatique.
- Mettre en évidence le potentiel chimique et organoleptique réel des huiles d'olive et des olives du patrimoine oléicole national.
- Améliorer les performances de la filière huile d'olive.
- Diffuser les acquis de recherche sur l'olivier à grande échelle.

Développement d'une agrumiculture compétitive et durable

- Développer des variétés et porte-greffes productifs, de bonne qualité et à récolte échelonnée.
- Promouvoir une gestion de la conduite technique des vergers d'agrumes raisonnée, innovante et compétitive.
- Développer de nouvelles stratégies de lutte intégrée contre la cératite, les viroses et autres parasites des agrumes.
- Développer d'autres alternatives de lutte contre les maladies de post-récolte.
- Développer de nouveaux produits à base de déchets de jus d'agrumes par transformation technologique.
- Améliorer la productivité et la compétitivité de la chaîne de valeur de la filière agrumicole.
- Valoriser les acquis en agrumiculture et renforcer les liens de coopération avec les partenaires.

Amélioration de la résilience pour une reconstitution durable du palmier dattier

- Améliorer le potentiel génétique du palmier dattier.
- Caractériser et évaluer la diversité et la structure génétique globale de la palmeraie nationale par la génomique et la transcriptomique.
- Améliorer la productivité du palmier dattier en préservant les ressources des palmeraies.
- Développer des stratégies d'utilisation efficiente de l'eau chez le palmier dattier.
- Développer des méthodes de lutte intégrée contre le Bayoud du palmier dattier.
- Valoriser les dattes pour assurer une diversité des produits en préservant le savoir-faire traditionnel.
- Valoriser et transférer des technologies et de l'expertise de l'INRA, en relation avec la filière Palmier dattier, auprès des communautés scientifiques et techniques et des agents de développement.

Amélioration et valorisation de la production pour une filière fruitière et viticole durable et compétitive

- Diversifier et développer les génotypes des espèces fruitières (Amandier, Figuier, Pommier, Grenadier, Caroubier et Vigne de table) performants et de qualité.
- Développer des modes de production et de protection innovants des espèces arboricoles et viticoles pour une agriculture résiliente.
- Valoriser les figes, tourteaux d'amandes et caroubes.
- Améliorer les performances économiques des filières arboricoles.
- Mettre en place une base de données commune et un réseau d'échange d'information, fiable et facile à mettre à jour, pour aider à la prise de décision et contribuer à la promotion de la filière d'arboriculture-viticulture.
- Diffuser les nouveaux acquis de recherche de l'INRA en matière d'arboriculture et viticulture.

Développement durable de la filière Arganier

- Constituer une collection nationale sur les ressources génétiques de l'arganier.
- Créer des variétés et clones d'arganier fruitier.
- Multiplier les génotypes sélectionnés pour l'installation de vergers modernes d'arganiculture.
- Élaborer un train technique optimal pour l'arganier.
- Valoriser les produits et sous-produits de l'arganier.
- Améliorer la productivité et la qualité de l'arganiculture.

Développement de la compétitivité et de la durabilité de la filière maraîchère

- Développer de nouvelles techniques de production horticoles.
- Améliorer la productivité des cultures maraîchères.
- Réduire les pertes post récolte des cultures maraîchères.
- Évaluer la rentabilité des cultures maraîchères au Souss Massa.
- Valoriser les résultats et renforcer l'intégration de l'INRA dans son environnement régional et national.

Développement de la filière des petits fruits rouges

- Sélectionner des variétés de fraise adaptées et production de plants de fraise et de myrtille.
- Développer les systèmes de production agro-écologiques des petits fruits rouges.
- Améliorer les revenus des agriculteurs à travers l'utilisation de variétés de qualité supérieure
- Développer les cultures du fraisier et du myrtillier dans le Loukkos.

Préservation et développement de la filière cactus

- Sauvegarder et caractériser le patrimoine génétique du cactus et créer de nouvelles variétés.
- Développer des stratégies de lutte intégrée contre la cochenille du cactus
- Contribuer à la diversité et la valorisation des produits de cactus.
- Augmenter l'offre alimentaire fourragère par le cactus pour parer à la dégradation des pâturages de montagne.
- Diffuser les acquis de recherche sur le cactus à grande échelle.

Développement et valorisation des espèces aromatiques et médicinales à grande valeur agronomique, économique et environnementale

- Valoriser la biodiversité des PAM endémiques à haute valeur économique.
- Initier la culture (domestication) de quelques PAM endémiques menacées d'extinction.
- Améliorer les revenus des populations rurales à travers la valorisation des plantes aromatiques et médicinales et leurs dérivés.

Développement et promotion de la filière safran

- Produire des cornes de safran sélectionnés.
- Optimiser les rendements de la culture du safran (Safran épice et cornes).
- Valoriser le safran à travers le développement des techniques post-récolte et l'amélioration de la qualité.
- Transférer les technologies et les connaissances aux safranières.

Amélioration et valorisation des productions de la filière viandes rouges pour des systèmes d'élevage résilients et durables

- Caractériser, conserver et valoriser les ressources génétiques animales locales.
- Augmenter la productivité des systèmes de production des ruminants par une meilleure valorisation des ressources fourragères et alimentaires.
- Contribuer aux efforts d'atténuation et d'adaptation de l'agriculture marocaine aux effets de changement climatique et leurs impacts sur les systèmes d'élevage.
- Améliorer les revenus des éleveurs caprins à travers la caractérisation et la valorisation des produits carnés et laitiers.
- Améliorer la compétitivité des élevages ruminants par la valorisation des résultats de la recherche.

Auto-évaluation du PRMT

Planifié lors de la phase de programmation, le système de suivi-évaluation est géré par la Division Scientifique tout au long des quatre années de réalisation du PRMT jusqu'à son évaluation finale avec la participation de l'ensemble des investigateurs principaux, des coordinateurs des mégaprojets et des responsables des CRRA. Lors de l'exercice de l'élaboration du PRMT, la Division Scientifique veille à une meilleure conception pour mieux atteindre les objectifs et pour une meilleure utilisation des ressources. Ces considérations, en plus des critères propres à la qualité scientifique des projets (États de l'art, clarté des objectifs et résultats, approches méthodologiques, complémentarités de l'équipe, ...) et de l'adaptation du budget, sont des voies de consolidation du PRMT avant même la phase de réalisation.

Le système de suivi-évaluation à l'INRA intègre les aspects formels axés sur les indicateurs recueillis de manière continue lors des réunions annuelles, et dans les rapports d'activités et les canevas d'évaluation. Des éléments informels sont également considérés comme les observations, les perceptions et les impressions recueillies lors des visites du terrain par les chefs de Départements scientifiques.

En ce qui concerne les performances du PRMT, en plus des résultats finalisés et des percées scientifiques, les équipes de chercheurs ont été invitées à s'engager sur des niveaux normatifs de six dimensions clés qui sont : la production scientifique, le développement technologique, la mobilisation de financements externes, la recherche collaborative internationale, les interactions avec les tissus socio-économiques et académiques et le transfert de technologie.

Bilan des réalisations scientifiques et techniques

CE récapitulatif n'est pas exhaustif, il est limité aux projets prioritaires qui ont contribué à combler un manque de connaissances relatif aux questions de développement et de durabilité des systèmes. Le bilan est basé sur le reporting des chercheurs, sur les animations scientifiques qui ont été conduites depuis 2017, et sur l'analyse des publications.

CONSERVATION ET UTILISATION DURABLE DES RESSOURCES GÉNÉTIQUES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE

La banque de gènes à Settat a pour objectif de conserver et maintenir les ressources génétiques des principales espèces d'intérêt présentes au Maroc. L'enrichissement du germoplasme se fait soit à travers l'acquisition de nouvelles accessions des différents centres de recherche nationaux et internationaux ou à travers la réalisation de missions de collecte ciblées dans tout le pays. Lors du PRMT 2017-2020, la stratégie entreprise pour l'enrichissement de son stock repose sur la collecte et la conservation des espèces sauvages apparentées aux espèces cultivées, car ces espèces présentent des gènes d'intérêt susceptibles d'être intégrés dans des futurs programmes de recherche et d'amélioration des plantes.

Les différentes missions de prospection et collecte réalisées ont touché plusieurs régions au Nord et au Centre du Maroc. Ainsi, 121 sites ont été prospectés et 224 accessions ont été collectées. Ces accessions représentent 23 genres et 35 espèces différentes.

Outre les accessions issues des missions de collecte, la banque de gènes a acquis 5892 accessions entre 2017 et 2020 des différents Centres nationaux et internationaux. Les principales espèces acquises sont l'orge, le blé dur, le blé tendre, le sorgho, l'avoine et *Brachypodium distachyon*. Les nouvelles accessions introduites ont été accompagnées des informations passeport adéquates. Par ailleurs, la banque de gènes a distribué 1273 accessions à des fins de recherche. Actuellement, plus de 71783 accessions réparties sur 162 genres et 569 espèces, sont conservées dans cette banque de gènes.

En 2020, la banque de gènes a procédé et pour la première fois, au dépôt d'une partie de sa collection (983 accessions représentant 46 espèces différentes) à la Réserve mondiale de semences du Svalbard en Norvège.



Pour garantir une meilleure qualité de ces accessions, des opérations de multiplication/régénération des stocks sont conduites chaque année. Ces opérations visent : à maintenir les collections à des niveaux acceptables de qualité et de viabilité, à préserver la diversité génétique et la structure des accessions ou des collections et à assurer un stock suffisant pour répondre aux besoins des scientifiques et chercheurs nationaux et internationaux. De plus, des activités de recherche proposant des outils et des méthodes pour la caractérisation et l'évaluation de ces collections sont réalisées.

Au cours des années 2017-2020, plus de 6000 accessions conservées ont été multipliées selon les normes internationales et leur diversité a été évaluée sur la base des descripteurs agro-morphologiques de «Bioversity International».

Liste des espèces conservées dans la banque de gènes ayant fait l'objet de multiplication et de caractérisation - PRMT 2017 - 2020

Année	Nom commun	Genre/ espèce	Nombre d'accessions multipliées/ caractérisées	Total
2017	Orge	<i>Hordeum vulgare</i>	200	1444
	Blé tendre	<i>Triticum aestivum</i>	50	
	Luzerne	<i>Medicago sp.</i>	876	
	Vesce	<i>Vicia sp.</i>	211	
	Gesse	<i>Lathyrus sp.</i>	107	
2018	Orge	<i>Hordeum vulgare</i>	1766	2725
	Blé dur	<i>Triticum durum</i>	220	
	Blé tendre	<i>Triticum aestivum</i>	724	
	Luzerne	<i>Medicago sp.</i>	11	
	Fève	<i>Vicia faba</i>	4	
2019	Orge	<i>Hordeum vulgare</i>	515	933
	Blé dur	<i>Triticum durum</i>	134	
	Blé tendre	<i>Triticum aestivum</i>	64	
	Lentille	<i>Lens culinaris</i>	220	
2020	Blé dur	<i>Triticum durum</i>	500	945
	Orge	<i>Hordeum vulgare</i>	270	
	Pois chiche	<i>Cicer arietinum</i>	120	
	Egilopes	<i>Aegilops sp.</i>	55	

Les résultats préliminaires sur l'analyse de la diversité et la structuration morphologique de ces collections conservées dans la banque de gènes, ont montré que les accessions analysées présentent une variation pour l'ensemble des caractères utilisés. Cette variabilité génétique entre accessions constitue un atout pour les travaux de sélection. Vu l'importance de la variabilité observée, ces populations locales doivent être considérées comme un réservoir de diversité que les chercheurs sélectionneurs doivent exploiter et utiliser dans leurs programmes de recherche.



Photos illustrant la diversité morphologique de ces collections de la banque de gènes

Des études plus approfondies, notamment moléculaires et biochimiques, devront être réalisées dans le but de définir les stratégies des futures missions de collecte pour une meilleure conservation et une utilisation de ces collections dans les programmes de valorisation du germoplasme étudié.

Les informations relatives aux ressources génétiques sont essentielles pour mieux les gérer et les préserver. Ainsi, les **systèmes de documentation informatisés** sont nécessaires pour permettre de partager ces informations et de les mettre à la disposition des utilisateurs potentiels du matériel génétique.

La banque de gènes dispose d'un système d'information de gestion des ressources génétiques. Ce système contient des informations clés sur la diversité des accessions tels que les données de passeport, la classification botanique, les descripteurs morpho taxonomiques, des informations SIG, etc.

Au cours des années 2017 – 2020, le système d'information a été mis à jour régulièrement, que ce soit pour les informations relatives aux nouvelles accessions introduites (6116 accessions), les informations relatives aux 6000 accessions multipliées et caractérisées, et les informations relatives aux 1273 accessions distribuées.

BIOTECHNOLOGIE POUR LE DÉVELOPPEMENT DE L'AGRICULTURE NATIONALE

Biotechnologie appliquée aux céréales et légumineuses

Application et validation de marqueurs moléculaires (SSR) associés aux traits agronomiques et technologiques du blé dur

L'utilisation combinée des marqueurs moléculaires et des paramètres de qualité (taux de protéines, teneur en b-carotènes, indice de jaune b, luminosité, poids de mille grains et poids spécifique) nous a permis de détecter des allèles appropriés dans différents germoplasmes étudiés. A titre d'exemple, pour le caractère pigment jaune, six allèles ont été partagés. Trois d'entre eux, Xwmc283e, Xgwm146d et Xgwm344b, ont montré des effets positifs. Ces allèles peuvent être utilisés pour assister les programmes d'amélioration de la qualité de blé dur. D'autres marqueurs associés aux gènes d'intérêt (cas des marqueurs associés aux gènes de la résistance à la septoriose et aux rouilles) ont permis de sélectionner au sein des accessions élites les lignées qui regroupent le maximum d'allèles d'intérêt pour les inclure dans les programmes de croisement de blé dur.

L'utilisation des marqueurs SSR a montré que 15 variétés et 32 lignées de blé dur possèdent l'allèle associé à la faible accumulation de cadmium. Ces génotypes sélectionnés peuvent être recommandés pour une éventuelle évaluation dans les régions contaminées et leur intégration dans le programme de croisement.

Caractérisation moléculaire des cultivars marocains de lentille pour la tolérance au stress hydrique et association symbiotique lentille/bactérie

L'évaluation de certains génotypes de lentille marocains a permis d'identifier des sources de tolérance au stress hydrique à utiliser dans les programmes d'amélioration de la lentille. Par ailleurs, le génome d'une bactérie fixatrice d'azote atmosphérique appartenant au genre *Rhizobium* a été séquencé et assemblé. Il s'agit de la souche A12 de l'espèce *Rhizobium tropici*, qui est capable d'établir des associations symbiotiques avec plusieurs espèces de légumineuses. Le déchiffrement de son génome permettra d'étudier ces gènes et leurs fonctions dans la perspective de l'utiliser comme biofertilisant pour optimiser la fixation d'azote et améliorer la croissance des plantes.

Intégration des gènes

Des travaux d'intégration des gènes chez le blé tendre et le blé dur ont été réalisés par les méthodes de biolistique et d'*Agrobacterium*, ces travaux ont permis l'introduction des gènes (HVA1, Hardy, SINA) impliqués dans la tolérance à la sécheresse. Des travaux similaires ont été réalisés chez la fève avec l'intégration du gène sarcotoxin IA par *Agrobacterium* pour l'acquisition de la tolérance à l'orobanche.

Niveaux de résistance à l'*Orobanche crenata* de la lentille et effet de l'application exogène d'éliciteurs

Une collection internationale de lentille (1370 accessions) a été analysée en vue d'identifier des sources de résistance à l'*O. crenata*. Les résultats ont montré une grande variabilité du niveau de résistance/sensibilité dont 22 accessions ont montré un bon niveau de résistance. Par ailleurs, une étude sur les mécanismes de défense de la fève et de la lentille contre l'*Orobanche* a porté sur l'évaluation de l'effet de deux stimulants naturels de la défense : l'acide salicylique (AS) et l'acide indole-acétique (AIA), appliqués par trois méthodes différentes. Le résultat a montré que le traitement est efficace quand il coïncide avec le début ou juste avant l'attaque par l'*O. crenata*.

Caractérisation des agents des maladies des pourritures racinaires (blé) et du *Botrytis spp* (fève)

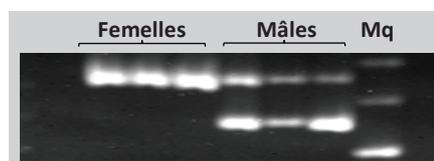
La pourriture des racines du blé a été prospectée dans des champs de blé à partir de 2014 jusqu'au mois d'avril 2019 dans les différentes régions céréalières du pays, les résultats de la caractérisation pathologique et moléculaire ont déterminé les espèces présentes au sein de chaque région étudiée.

Les marqueurs moléculaires SRAP ont été utilisés pour étudier la diversité génétique des populations de *Botrytis spp*, agent de la maladie des taches chocolat chez la fève, provenant de différentes régions du Maroc (Abda, Chaouia, Doukala, Fes-Boulman, Meknès-Tafilalet, Taza et Zemmour-Zaïr). Ces marqueurs ont révélé un polymorphisme clair et ont fourni des informations adéquates pour l'évaluation de la diversité génétique des populations de *Botrytis spp*.

Biotechnologie appliquée au palmier dattier

Étude de la diversité génétique et des relations phylogénétiques entre les génotypes mâles et les génotypes femelles du palmier dattier

L'application d'une nouvelle amorce a été utilisée sur la même collection de palmier dattier et s'est révélée discriminante entre individus mâles et femelles.



Profil électrophorétique de la détermination de sexe chez le palmier dattier

Un autre travail a permis l'analyse des données de séquençage de la variété Majhoul via l'application d'outils bioinformatique, ainsi que l'identification des variants par rapport au génome de référence de la variété Khalas, l'identification et l'annotation fonctionnelle des séquences SSRs ainsi que la conception des amorces associées.

D'autres part, l'utilisation des données de séquençage de quatre variétés de palmier dattier (Majhoul, Boufeggous, Najda et Bouzekri), et leur alignement au génome de référence « Khalas » ont permis à l'INRA d'identifier plusieurs SNPs (polymorphisme à nucléotide simple) spécifiques à chacune de ces variétés, Majhoul (128), Boufeggous (37), Najda (2707) et Bouzekri (645). L'étude de la diversité génétique et des relations phylogénétiques des ressources génétiques phoenicicoles a révélé une structuration par région sauf quelques infiltrations qui peuvent être expliquées par l'échange de rejets d'une région à l'autre. En effet, les génotypes de Zagora sont proches et sont restés groupés alors les génotypes de Goulmima ont été présents dans tous les groupes.

Séquençage et assemblage du premier draft du Bayoud

Le premier draft génome du pathogène dévastateur de la palmeraie marocaine '*Fusarium oxysporum* f. sp. albedinis « Bayoud »' a été séquencé et assemblé. Ceci permettra le développement d'outils moléculaires efficaces pour le diagnostic du pathogène dans les sols des futurs vergers de palmier dattier.

Biotechnologie appliquée à l'arganier

Génomique de l'arganier

Les principaux travaux portant sur l'arganier ont abouti à l'élaboration d'une base de données des marqueurs de types SNPs, SSRs, et STS pour les principaux gènes d'intérêts, le séquençage et l'assemblage du génome de l'arganier ainsi que l'assemblage et l'annotation de son génome chloroplastique.

Micropropagation du matériel juvénile et adulte, et bouturage de l'arganier

Une composition minérale optimale avec une concentration adéquate de fer ont permis d'avoir les meilleurs résultats avec 80% en pourcentage de débourrement et un taux d'enracinement du matériel adulte très encourageant.

Les résultats de bouturage ont montré que le taux d'enracinement et de survie (96,09%) ainsi que le nombre de racines le plus élevé ont été obtenus à partir de boutures semi-ligneuses avec un nombre moyen de racines de $44,63 \pm 0,69$.



Isolement et caractérisation des bactéries endophytes racinaires de l'arganier

Des échantillons racinaires d'arganier provenant de deux sites géographiques (Essaouira et Bouznika) ont été utilisés dans l'objectif d'isoler et de caractériser d'une façon phénotypique, biochimique et moléculaire des bactéries

endophytes associées à l'arganier. L'analyse factorielle basée sur les caractères macroscopiques a permis de regrouper les isolats obtenus en cinq groupes distincts. Cependant, la caractérisation biochimique de ces isolats à l'aide des tests de catalase, de mannitol, de mobilité et de fixation d'azote a permis de regrouper ces isolats en 15 groupes différents ayant chacun des caractères biochimiques similaires. La caractérisation moléculaire des 15 souches sélectionnées a confirmé l'appartenance de ces isolats aux genres *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Brevibacterium* et *Lysinibacillus*.

***Rhizophagus irregularis* MUCL 41833 améliore l'absorption de phosphore et l'efficacité d'utilisation d'eau après un stress hydrique**

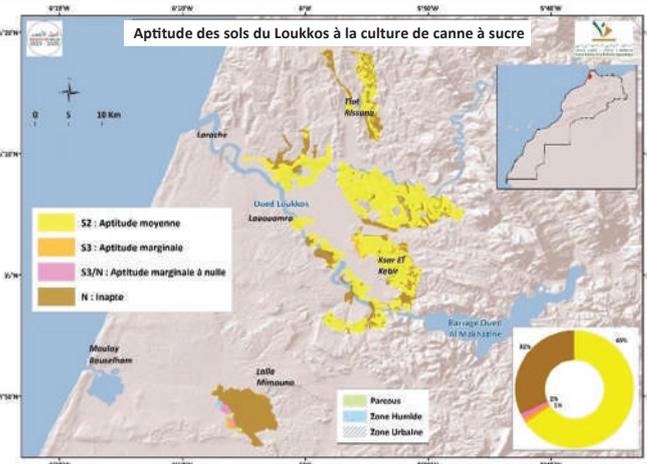
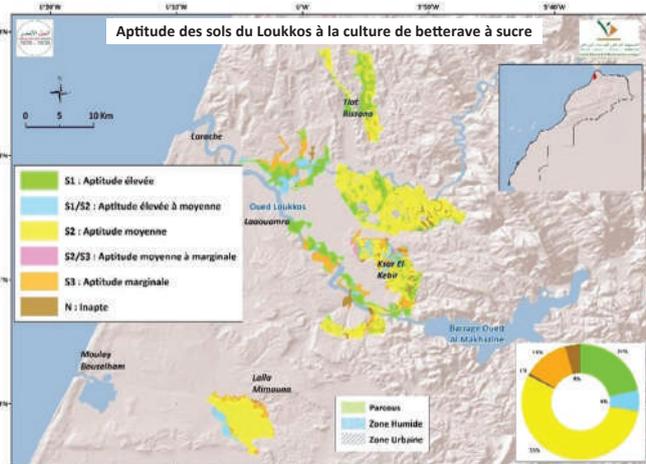
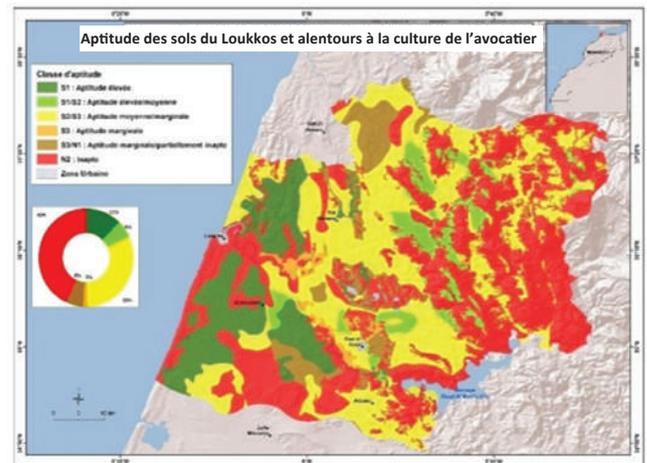
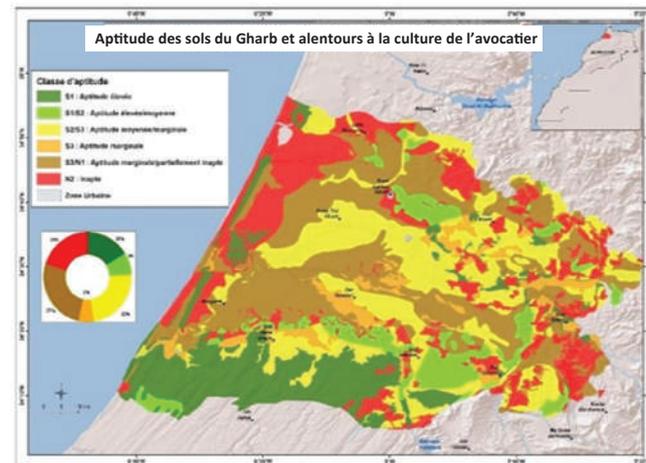
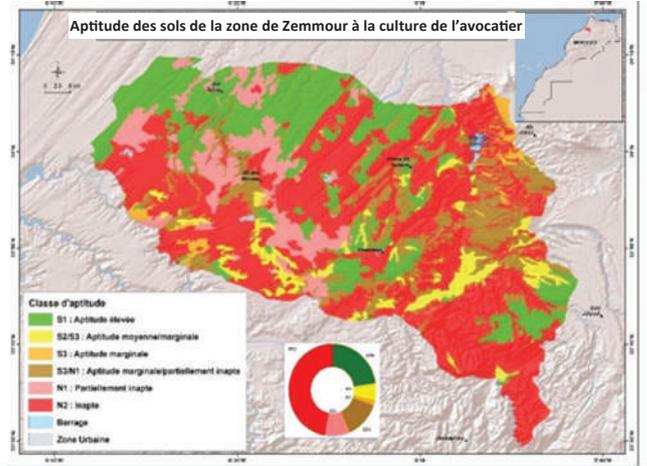
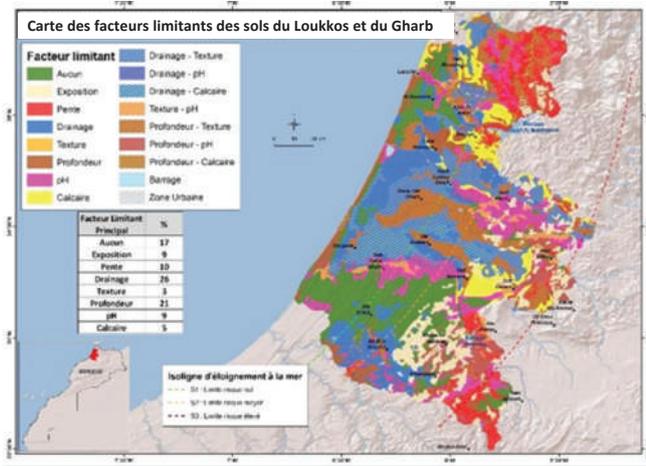
Cette étude a montré l'effet bénéfique des champignons mycorhiziens arbusculaires sur la récupération des plants après un stress hydrique. Une amélioration d'absorption du phosphore ainsi qu'une augmentation de l'efficacité de l'utilisation d'eau dans les feuilles ont été observées chez les plantes mycorhizées au cours des 42 h de récupération.

ÉTUDES SUR LA PRODUCTIVITÉ DES TERRES AGRICOLES ET DÉVELOPPEMENT DES OUTILS D'AIDE À LA DÉCISION POUR UNE AGRICULTURE DURABLE

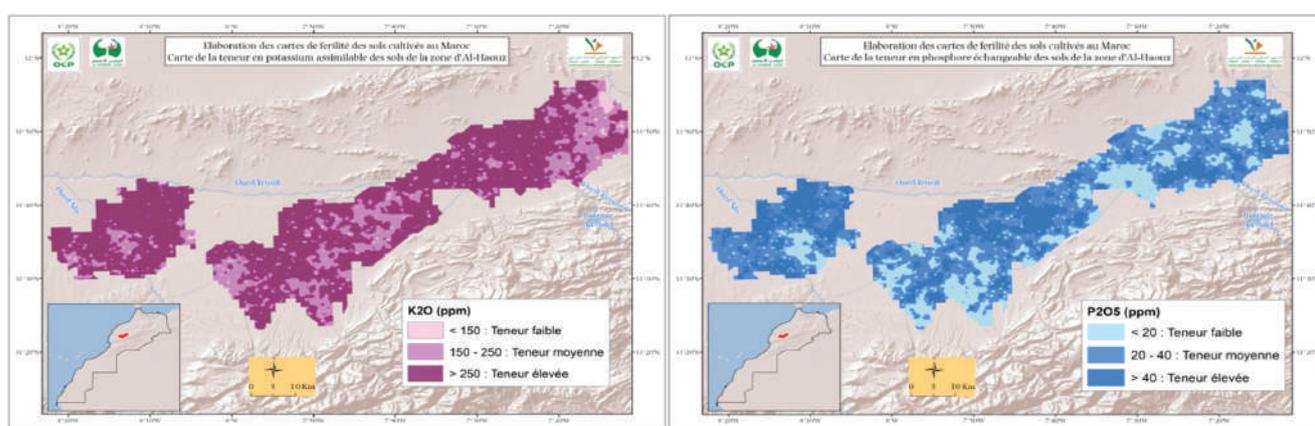
En vue d'approfondir la connaissance sur l'état des ressources naturelles et d'assurer un suivi spatio-temporel, le développement des outils digitaux s'avère crucial, permettant d'élaborer des propositions de bonnes pratiques et de gestion durable des ressources en eaux et en sols.

L'utilisation optimale des terres pour la durabilité des systèmes de production est une préoccupation de la communauté de recherche et de développement agricole au Maroc. Parmi les thématiques développées dans ce PRMT 2017-2020, la **cartographie de l'aptitude des sols et la carte pédologique** ont occupé une place importante. Ceci, a permis l'évaluation du potentiel agricole des terres dans différents systèmes agricoles (pluvial et irrigué) et contextes agro-climatiques. Ce projet est d'une grande utilité pour optimiser les choix des cultures des investisseurs et augmenter le potentiel de la production agricole au niveau des zones étudiées. Il constitue, également, un appui aux décideurs pour accompagner les stratégies agricoles actuelles et l'un des instruments de conseil agricole les plus efficace.

Les travaux se sont focalisés sur des cultures de haute valeur ajoutée comme l'avocatier, l'arboriculture fruitière, le riz et la betterave sucrière. Dans l'ensemble, 7,1 millions ha en Bour et 128.000 ha en irrigué ont été compilés dans une base de données géographique. Les cartes issues de ce projet de recherche concernent les régions de Zemmour, Gharb, Saïs, Oriental, Rif et Loukkos.



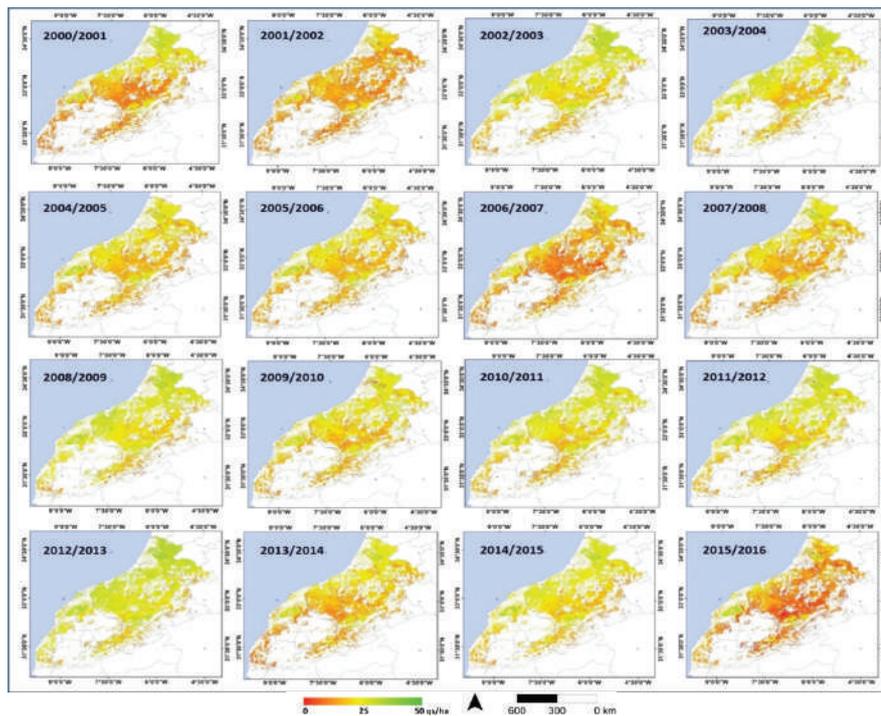
Les études de la vocation agricole ont concerné aussi l'évaluation de l'**impact du changement climatique sur l'aptitude des terres** aux cultures à El-Hajeb et la région d'Oujda. Cette évaluation recèle une importance capitale pour l'élaboration des stratégies de résilience et d'adaptation au changement climatique. Selon les résultats de ces études, les superficies des terrains agricoles d'aptitude élevée sont appelées à augmenter à l'horizon 2050 pour les cultures de figuier et de l'amandier, au niveau de la région d'El-Hajeb, et pour l'olivier, dans les régions d'El-Hajeb et d'Oujda, sont inférieures à la superficie des terrains d'aptitude élevée, selon les deux scénarios Rcp4.5 et Rcp8.5, d'où la recommandation d'encourager leurs plantations.



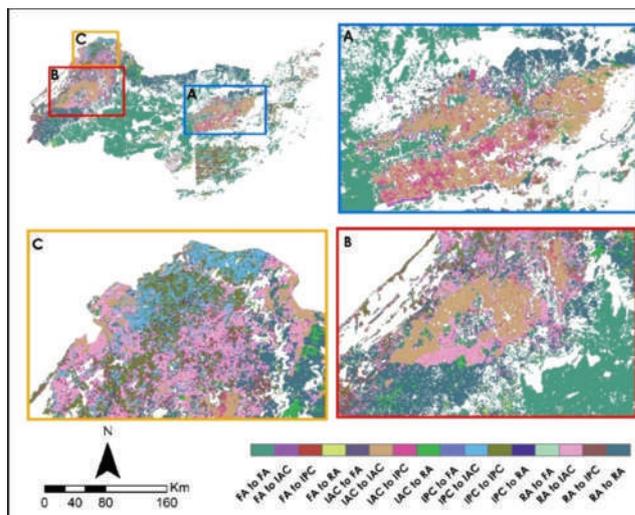
Carte de potassium (gauche) et phosphore (droite) dans la région d'Al Haouz

En outre, l'exploitation des données de la télédétection spatiale a offert de nouvelles approches pour le suivi de l'évolution des systèmes de production agricole, du potentiel de la production agricole et des paramètres climatiques à l'échelle de différentes zones agricoles au Maroc. La maîtrise de la variabilité spatiale de leurs indicateurs pourraient refléter l'état du développement du couvert végétal dans un contexte de changement climatique et de sécheresse successives. Ces approches développées se basent sur les paramètres phénologiques, dérivés à partir des indices spectraux pour la période se situant entre 2000 et 2016, des paramètres climatiques (précipitation et température de la surface), dérivés d'une série temporelle des produits TRMM 3B42 V7 et NOAA-AVHRR, et des outils de l'apprentissage automatique.

En effet, Le suivi des zones de la production céréalière sur plus de 5.7 millions ha a permis d'identifier les zones à haut risque liées à la dégradation du potentiel de production agricole et aux aléas du changement climatique. Ces activités de recherches ont été arrêtées avec un objectif principal de soutenir et aider les gestionnaires à optimiser les choix de l'utilisation des terres agricoles.



Rendement du blé pour la période 2000-2016 sur la zone d'étude



Carte de transition des classes des AS entre 2001 et 2016

Par ailleurs, l'étude de la dynamique de la **fertilité des sols et le développement des normes de fertilisation** pour les principales cultures au Maroc a été entreprise dans une vision d'assurer une rentabilité économique et une durabilité des systèmes agricoles. L'analyse spatiale de la fertilité des sols en éléments majeurs et en oligo-éléments a été réalisée, dans plusieurs régions agricoles au Centre et Nord du Maroc, en utilisant différentes méthodes d'interpolation spatiale et différentes densités d'échantillonnage. Les cartes de fertilité permettent de faire des recommandations adaptées selon le type de la culture et la spécificité de chaque région.

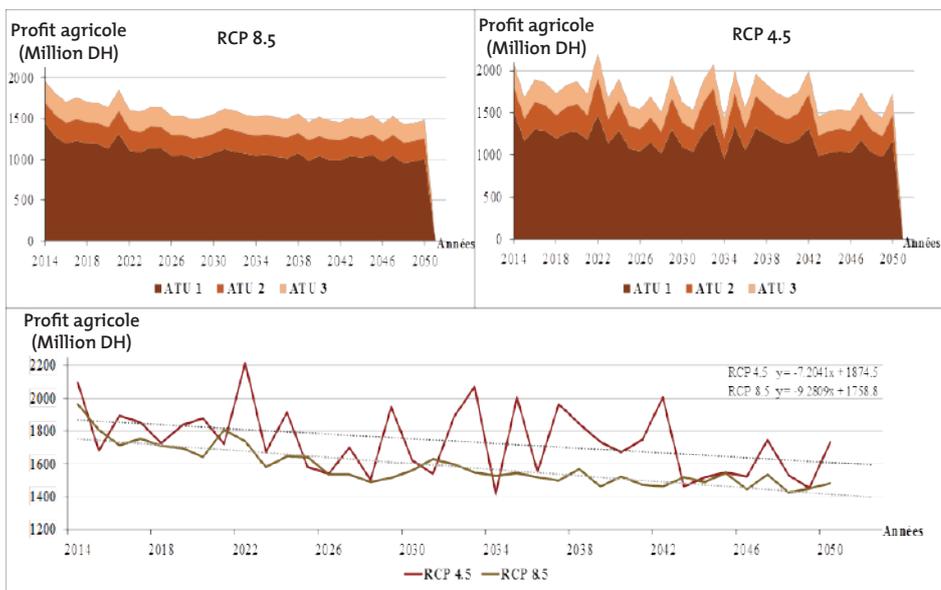
Par ailleurs, ce projet a accordé une place importante à l'étude de l'effet des **amendements** chimiques, organiques et biologiques sur l'amélioration de la productivité des sols marocains, étant donné que les sols dans les régions aride et semi-aride sont caractérisés par de faibles teneurs en matière organique et en éléments fertilisants ainsi que des niveaux de salinité inquiétants. A cet égard, l'étude menée sur le co-compostage des grignons d'olives et de fumier de fientes de dinde a montré que cette technique a donné lieu à des composts matures et stables au bout de 6 mois. Ceci laisse conclure que la valorisation des déchets organiques par compostage demeure une solution durable de traitement et de valorisation des effluents de deux grandes filières : Oléiculture et aviculture.

En outre, la mise au point de biofertilisants à base de rhizobium et de PGPR dans la fertilisation du pois chiche et de la lentille a permis, d'une part une fertilisation efficace de ces deux cultures, et d'autre part de limiter le recours aux engrais chimiques en assurant une protection de l'environnement.

Concernant le volet amendement des sols touchés par la salinité, une étude a été menée en testant différents amendements chimiques et organiques (Gypse et compost) sur la correction de la salinité des sols de la région d'El Klaa de Sraghna, caractérisée par des sols sévèrement dégradés par la salinité. L'étude a montré que pour un sol salin (S_2 : 9.79 mS/cm), l'apport des différents amendements a eu un effet considérable sur la réduction de la salinité du sol, notamment dans le cas du compost qui a permis une réduction de la salinité de 80 %. En revanche, dans le cas d'un sol très salin (S_3 : 25.3mS/cm), le meilleur résultat a été obtenu avec l'amendement à base du gypse qui a permis une réduction de la salinité de 35%.

Les études **socio-économiques** en agriculture durable se sont penchées sur la gestion de l'eau. D'abord, l'étude sur l'élaboration d'un modèle bioéconomique comme outil pratique d'aide à la prise de décision pour la gestion de l'eau dans le Tadla a permis de simuler l'impact de deux scénarii climatiques RCP 4.5 et RCP 8.5 qui montrent que le profit agricole total créé au niveau de Tadla, aura une tendance à la baisse et ce à cause de la diminution des superficies cultivées provoquée par la réduction des apports en eau d'irrigation prévue au cours de la période 2014-2050. Cette baisse est quantifiée à -7.2 millions DH par année selon le scénario RCP 4.5 et -9.28 millions DH selon RCP 8.5.

Le prix économique moyen de l'eau d'irrigation, calculé après calibration pour le Tadla, est de l'ordre de 1,13 DH/m³ pour le scénario climatique RCP 4.5 et de 1,08 DH/m³ pour RCP 8.5. Ces valeurs sont bien élevées par rapport à la redevance payée à l'eau d'irrigation dans la zone d'étude et qui est de 0.32 DH/m³. Il tend vers une augmentation estimée à 0.0022 DH/m³ par année selon le scénario RCP 4.5 et de 0.003 DH/m³ selon RCP 8.5, et ce à cause de l'irrégularité des apports en eau de surface, ce qui rend l'eau d'irrigation un facteur limitant de la production.



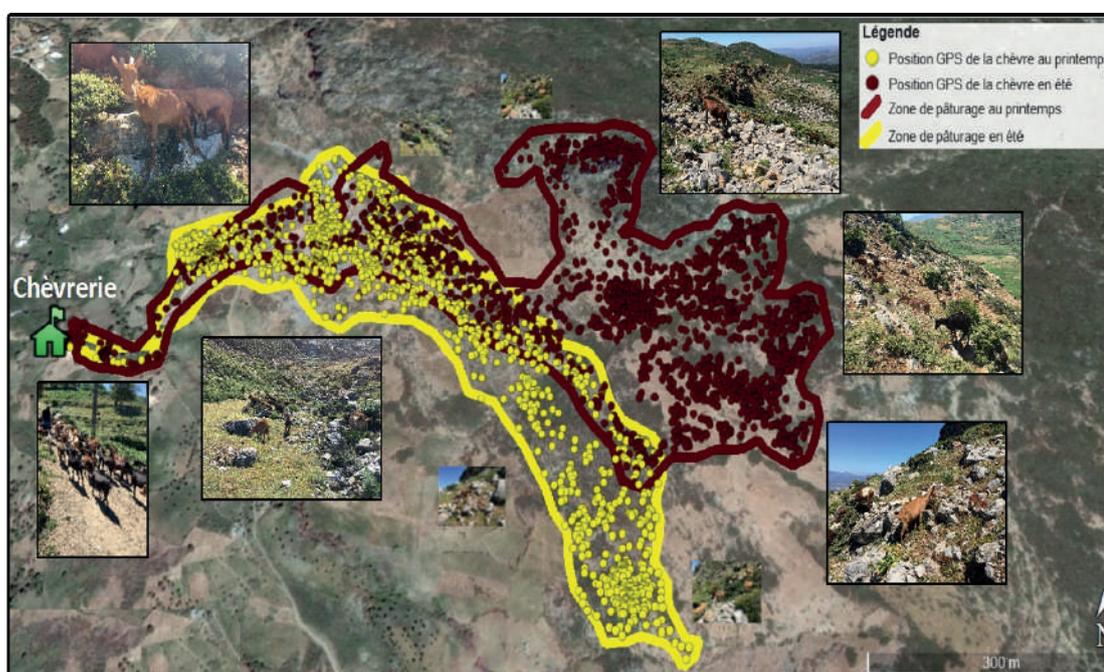
Évolution du profit agricole total selon les scénarii climatiques

Dans une autre étude sur le partenariat entre sciences et politique pour une bonne gouvernance de l'eau dans le contexte du changement climatique, on a conclu que l'instauration d'une plateforme d'innovation autour de la gouvernance de l'eau au niveau du Tadla est d'une grande importance afin de développer les options d'innovations politiques, institutionnelles et organisationnelles, aux côtés de l'élaboration technologies et approches de recherche sur la gestion de l'eau par les communautés. Cette plateforme d'innovation peut évoluer vers une institutionnalisation des relations entre les acteurs dans un cadre contractuel pour une meilleure coordination, synergies et responsabilisation.

GESTION DURABLE DES PARCOURS

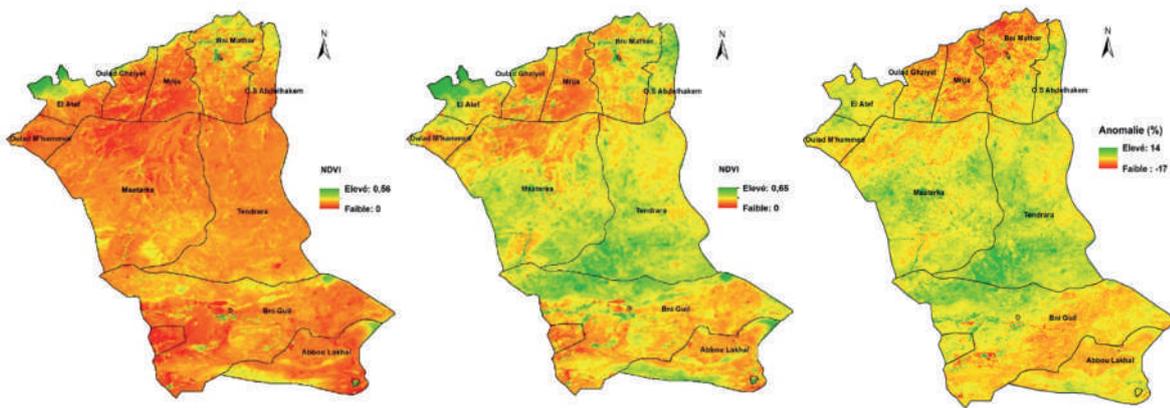
La contribution des parcours aux ressources fourragères totales connaît des fluctuations inter-annuelles importantes due à la variabilité pluviométrique et varie selon le système d'élevage, et peut atteindre jusqu'à 100% dans les systèmes d'élevage extensif arides et montagneux. Cependant, les informations disponibles sur certaines zones pastorales montrent que ces terres sont menacées par la désertification. Ce phénomène agit grandement sur la perte de la biodiversité végétale et contribue, en outre, au changement climatique. La durabilité de ces écosystèmes passe par une connaissance parfaite de ces espaces avant d'agir en conséquence.

Les espaces sylvopastoraux des régions du Nord subissent une dégradation croissante due à la surexploitation à longueur des années. L'INRA a procédé à une évaluation de la production pastorale et le comportement spatio-temporel des caprins au niveau d'un parcours forestier. La composition botanique a été caractérisée à travers l'élaboration d'un herbier électronique qui contient approximativement une centaine d'espèces pastorales. La durée du pâturage varie selon la saison, elle a été estimée à 12 heures en été, contre 8 heures pour la saison printanière. L'aire de pâturage a été aussi évaluée plus importante en été par rapport au printemps (21,6 ha vs 13,9 ha). La distance parcourue a été estimée à 2,7 km vs 4 km, respectivement au printemps et en été. Au printemps, les chèvres se déplacent à des altitudes qui varient entre 900 m et 1200 m, avec des fréquences très variables selon la disponibilité fourragère. En été, l'altitude de déplacement peut atteindre 1400 m, les chèvres se déplacent vers les hautes altitudes caractérisées par l'abondance de végétation appétible. La quantification des rations ingérées, par des chevreaux en pâturage de plusieurs classes d'âge, des différentes espèces végétales a montré que la strate arbustive, composée des espèces *Q. coccifera*, *C. monspeliensis* et *C. salviifolius*, connaît une grande pression pastorale estimée à 72% de la ration consommée. Par ailleurs, un calendrier de supplémentation a été élaboré pour les chevreaux, durant les périodes à fort besoins nutritionnels, afin d'assurer la durabilité des ressources sylvopastorales et augmenter la productivité des élevages.

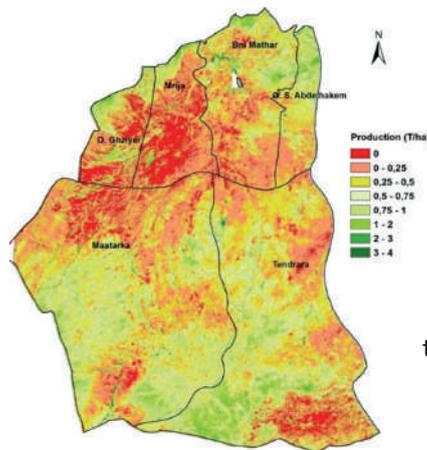


Itinéraire de déplacement et aire de pâturage des caprins au niveau du parcours de Loubar (Chefchaouen)

Par ailleurs, l'INRA continue le développement d'une plateforme opérationnelle de **suivi des ressources agropastorales** au niveau des hauts plateaux du Maroc oriental. Cet outil fournit une estimation spatio-temporelle du potentiel de la production des terres de parcours arides, ce qui peut représenter un très bon indicateur de la sécheresse. Ceci se réalise en exploitant plusieurs indices de végétation (ARVI, IPVI, NDVI, RVI et SAVI) dérivés des images satellites et validés par les données de terrain.



Moyenne à long terme de NDVI (2000-2018) (1), NDVI-2019 (2) et l'anomalie (3) au niveau des Communes Rurales des Hauts plateaux de l'Oriental



Cartographie de la phytomasse totale (T/ha) durant 2019 donnée par le modèle de régression multiple

En outre, les équipes de l'INRA continuent leur contribution à la **conservation des espèces pastorales** à travers deux pastoretums (Errachidia et Oujda) avec plus de soixante d'espèces chacun. Cette action permet de recenser plus d'espèces végétales géo-localisées dans le Haut Atlas Oriental et les zones oasiennes sahariennes et la constitution d'une réserve de semences, ainsi que d'approfondir les connaissances sur les caractéristiques physiologique et d'adaptation des espèces pastorales étudiées aux conditions climatique et édaphique difficiles. La caractérisation de nouvelles espèce pastorale au Maroc est au cœur des missions des équipes de recherche. *Gypsophila struthium* subsp. et *Senna alexandrina* Mill sont l'une des espèces nouvellement identifiées.

Les études **socio-économiques** sur les parcours se sont intéressées à l'organisation des pasteurs des Haut Plateaux de l'Oriental. Les coopératives agricoles, qui encadrent plus de 27 mille adhérents, sont dominées par les coopératives d'élevage et pastorales avec un ratio de 46%. Ces coopératives sont marquées par une fragilité due à l'hétérogénéité ethnique et à la faiblesse financière. Le processus interne de représentation est marqué par la domination de certains leaderships avec un niveau d'instruction faible. Cependant, ces institutions jouent un rôle important d'intermédiation et de relais avec les professionnels. Un accompagnement pour consolider leur crédibilité et leur capacité à prendre en charge la gestion de l'espace pastoral est fortement recommandé.

Une autre étude s'est intéressée à l'identification des conditions et les mesures d'accompagnement de la loi pastorale. Il s'avère que la réussite de cette loi doit tenir compte des transformations de la société pastorale, de l'implication et l'adhésion des populations pastorales, de la gestion de la sécheresse et du dérèglement climatique de manière préventive et la problématique foncière.

DÉVELOPPEMENT DE MODÈLES AGRICILES DURABLES ET RÉILIENTS

Les programmes de sélection à l'INRA ont pour objectif de développer de nouvelles variétés productives et adaptées aux différents stress biotiques et abiotiques pour les différentes zones agro-climatiques. Le tableau ci-dessous présente les 16 variétés de céréales, légumineuses et oléagineux qui ont été enregistrées durant la phase 2017-2020.

Variétés des grandes cultures créées et inscrites au catalogue officiel

Espèce	Nom de la variété	Année d'inscription	Espèce	Nom de la variété	Année d'inscription
Blé dur	Hammadi	2017	Pois chiche	Bouchra	2017
Blé dur	Nachit	2018	Pois chiche	FLIP97-677C	2019
Blé tendre	Snina	2017	Fève	Hiba	2018
Blé tendre	Lina	2020	Féverole	Zina	2018
Orge	Khната	2017	Lentille	Extra	2019
Orge	Ksiba	2017	Lentille	Jemâat Shaïm	2019
Avoine	Abtah	2017	Colza	Alia	2017
Avoine	Al Fawz	2017	Colza	Baraka	2018

Le programme d'amélioration génétique des grandes cultures se poursuit avec la collecte et la constitution d'une base génétique à partir des populations locales et du matériel génétique issu des croisements interspécifiques pour l'amélioration génétique, en plus des évaluations du rendement, de l'adaptation aux différentes zones agro-écologiques dans des essais pluriannuels et multi-sites du matériel génétique avancé sélectionné et de sa caractérisation sur les plans nutritionnel et technologique.

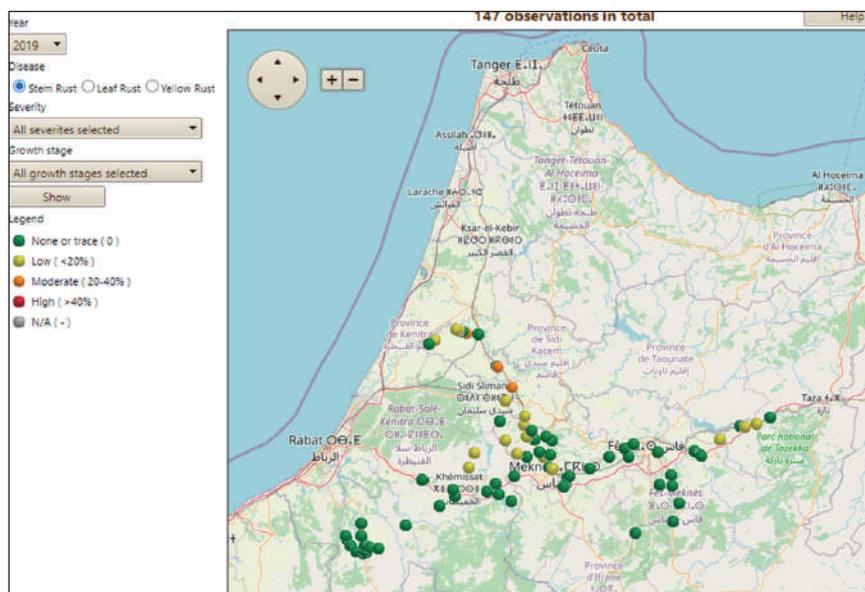
En matière de méthodologie de recherche en amélioration génétique, on a abouti à l'optimisation de nouvelles méthodes pour l'accélération de la fixation des caractères après croisement comme l'haplo-diploïdisation chez les céréales et les légumineuses. Et en parallèle aux programmes conventionnels, le programme d'amélioration par mutagenèse du colza a permis d'élargir la diversité génétique et de sélectionner des germoplasmes performants qui seront utilisés pour développer de nouvelles variétés plus productives et plus adaptées que leurs prédécesseurs.

Concernant l'**évaluation du niveau de résistance du matériel génétique** aux différentes maladies et les principaux ravageurs, on a pu établir la sensibilité de toutes les variétés disponibles de blé dur à la maladie de la rhizoctone, à l'encontre de certaines variétés de blé tendre et d'orge qui se sont révélées résistantes ou moyennement résistantes. Par ailleurs, et pour identifier de nouvelles sources de blé résistantes à la Mouche de Hesse, environ 180 accessions se sont révélées intéressantes et peuvent intégrer les programmes de sélection. Pour la lentille, l'essai sur la résistance combinée à la rouille et à l'antracnose a identifié une lignée (ILL6002/LIRL-21-50-1-1-2) d'un très grand intérêt.

Le **suivi et la surveillance des maladies et ravageurs** des systèmes céréaliers au niveau national durant des années ont été capitalisés et des réseaux d'épidémiologie-surveillance des maladies et ravageurs ont été mis en œuvre. Ainsi, des cartes de répartition de la sévérité de la rouille jaune, la rouille noire et la rouille brune sur blé ont été élaborées (<https://rusttracker.cimmyt.org>). D'après ce système, la rouille noire devient de plus en plus sévère dans les conditions marocaines et représentera une menace pour la céréaliculture nationale en l'absence de matériel génétique résistant.



Symptômes de la rouille noire



Exemple de carte de répartition de la sévérité de la rouille noire durant la campagne 2018-2019 - <https://rusttracker.cimmyt.org>

Les recherches sur les **techniques culturales** des légumineuses alimentaires, ont mis l'accent sur la production de différentes variétés du pois chiche et de lentille conduites en intercalaire dans une oliveraie. Ces travaux ont montré que la variété 'Arifi' (pois chiche) et 'Chakouf' (lentille) présentent les plus faibles températures foliaires moyennes traduisant une plus grande tolérance au stress hydrique qui pourrait avoir lieu par compétition avec l'olivier. En outre, il a été démontré que l'application d'un compost à base de grignons d'olive, de fumier de dinde et de paille à une dose de 15 t/ha a donné les meilleurs résultats pour la biomasse de lentille, ce qui est encourageant pour un mode de production biologique.

Pour les oléagineux, les recherches se sont principalement focalisées sur le semis et la fertilisation du tournesol et du colza. Ainsi, les semis précoces du tournesol au niveau du Saïs (mi-décembre) ont permis d'enregistrer les rendements en grain les plus élevés par rapport aux semis conventionnels (mi-février et mi-mars). Cependant, cette stratégie doit tenir compte du génotype en question. La variété Ichraq serait plus convenable pour un semis précoce, alors que si on opte pour les semis tardifs (mi-mars), c'est la variété 'Salima' qui serait la plus recommandée. Pour ce qui est de la fertilisation du tournesol, une fumure composée de 45 kg/ha d'azote et de 34 kg/ha de phosphore peut être recommandée, étant donnée qu'elle a permis d'obtenir un rendement supérieur à celui des agriculteurs les plus performants de la région du Saïs. Pour le cas du colza, les rendements de toutes les variétés étudiées ont atteint leur maximum suite à un apport de 120 kg/ha d'azote.



Effet de la date de semis sur la croissance de la plante (à gauche) et des capitules de tournesol (à droite)

Le fractionnement de cet apport en trois applications s'avère le plus optimal. En outre, il a été démontré que 'Alia' et 'Moufida' seraient les variétés du colza les plus efficaces en termes d'utilisation de l'azote, en produisant des rendements plus élevés que les autres variétés étudiées.

En terme de valorisation, plusieurs nouveaux produits à base de légumineuses alimentaires ont été développés pour conférer aux légumineuses une haute valeur ajoutée et une forte aptitude à la conservation. Ainsi, des plats cuisinés prêts à la consommation, des conserves de pois chiche et petit pois et un couscous renforcé en légumineuses ont été promus auprès des coopératives.



Exemple de préparations de conserve à base de légumineuses alimentaires

Les études **socio-économiques** se sont intéressées, entre autres, à l'analyse et l'évaluation de la résilience des petites et moyennes exploitations agricoles de la zone du Saïs et leur capacité à faire face à des facteurs de changement climatique. Après avoir dressé une typologie des exploitations, on a pu identifier les facteurs de changement suivant la réduction de la pluviométrie et l'accès aux ressources hydriques souterraines. D'après l'analyse, on a pu établir que les situations futures de ces exploitations pourraient ne pas trop changer par rapport à la situation actuelle, à condition de diversifier les activités agricoles, d'intégrer les mécanismes d'atténuation des risques tels que les polices d'assurances, et recourir à des moyens de subsistance non agricoles et la diversification des marchés.

Une autre étude s'est intéressée à l'analyse du risque lié à la perte en valeur de production du blé au niveau national principalement en raison de la gravité et la fréquence liées à la variabilité des rendements et des prix. Une catégorisation des zones sur la base de la fréquence et la gravité des risques a été effectuée et des recommandations aux décideurs ont été formulées tel que le remplacement de la production de blé dans les zones à risque, l'amélioration des systèmes de l'assurance agricole pour permettre aux producteurs de sécuriser un revenu minimum et la mise en place d'organisations de veille et d'appui aux producteurs du blé.

En liaison avec l'appui aux producteurs, on a mené une étude d'adoption et d'impact sur la gestion des cultures de légumineuses en présentant un paquet INRA qui comporte des variétés améliorées, et des standards sur le semis, la fertilisation et la protection. Ce paquet technologique dont l'adoption a dépassé 80%, a eu un impact notable sur les superficies emblavées de légumineuses et les rendements (éq. 3.425 DH/ha).

AMÉLIORATION DE LA PRODUCTIVITÉ, DE LA DURABILITÉ ET DE LA COMPÉTITIVITÉ DE L'OLIVIER

La **valorisation des ressources génétiques** disponibles en collections à travers leur caractérisation moléculaire et agronomique est un gage de la sélection de génotypes à fort potentiel adaptatif au changement climatique et ayant de bonnes performances. Pour ce, on a mis à jour la situation des ressources génétiques en collections *ex situ* aussi bien à Marrakech qu'à Meknès. De ce fait, une base de données de plus de 500 variétés méditerranéennes avec 20 marqueurs SSRs et 11 caractères liés à l'endocarpe est publiée en accès libre. Une telle base de données constituera une référence pour les travaux futurs. La caractérisation de la collection mondiale pour des caractères d'intérêt agronomique à savoir : **(i)** La floraison : Le stade 51 correspondant à la levée de dormance des bourgeons est un stade clé de la phénologie de la floraison, son observation précoce est corrélée avec une longue durée de floraison. Nos premiers résultats montrent que les variétés ayant des besoins en froid faibles (stade 51 précoce) et des besoins faibles en chaleur peuvent permettre une meilleure adaptation face au changement climatique dans les régions du Sud de la Méditerranée, tel que le Maroc ; **(ii)** Le calibre du fruit, le rapport pulpe/noyau et la teneur en huile : Les résultats de la caractérisation des variétés pour le calibre du fruit, le rapport pulpe/noyau et la teneur en ont mis en évidence une héritabilité au sens large élevée pour tous les caractères étudiés. Par conséquent, l'effet faible de l'environnement sur l'expression des caractères indique leur stabilité et la faisabilité de poursuivre les travaux pour la recherche des marqueurs moléculaires associés à ces caractères. **(iii)** Mécanisme génétique de la compatibilité chez l'olivier : Des expérimentations de pollinisation ont mis en évidence deux groupes de compatibilité (G1 et G2) avec la présence d'un système fort d'auto-incompatibilité. La mise en évidence du système de compatibilité diallèle à contrôle sporophytique chez l'olivier offrira indubitablement des opportunités pour optimiser la production ; **(iv)** La sensibilité à la mouche des olives : Les résultats ont permis de classer 54 variétés dont la variété 'Zarza' qui a été la moins infestée par opposition à 'Acebuchera' qui a subi le plus de dommage.

Pour développer une **lutte biologique** contre l'agent responsable de la tuberculose de l'olivier au Maroc, des souches marocaines de *Pseudomonas savastanoi* pv. *savastanoi* ont été isolées par PCR (amorces IAALF/IAALR) et leur pouvoir pathogène a été identifié. Les huiles essentielles du thym et d'origan ont montré un effet bactéricide *in vitro* avec des taux dépassant 50%. La caractérisation chimique des huiles essentielles de ces deux plantes a montré que leurs composés majoritaires sont le thymol (47,79%) et le carvacrol (61,78%).

En matière de **conduite technique**, les recherches ont visé principalement la mise au point des stratégies optimales de gestion de l'irrigation et de la fertilisation. Il a été ainsi démontré, en conditions pluviales, que la période optimale de l'irrigation d'appoint de l'olivier (cv. Picholine marocaine) se situe en mi-juin (1^{ère} phase de croissance du fruit), moyennant la dose de 0.5 m³/arbre en gravitaire ayant induit 43% d'augmentation du rendement en fruits et en huile d'olive. Par contre, en situation d'irrigation en goutte à goutte, l'application d'une irrigation déficitaire équivalente à 75% de l'ETc, sur des plantations d'oliviers adultes (cv. Menara, Haouzia et Arbequine), a abouti durant trois années consécutives, à des rendements similaires à ceux d'une irrigation à 100% de l'ETc. Pour le cas des jeunes plantations d'olivier, l'apport de seulement 70% de l'ETc a permis une entrée rapide en production avec un taux plus élevé de fructification, et des rendements comparables à ceux d'une irrigation à la demande (100% de l'ETc). Pour ce qui est de la fertilisation de l'olivier, il a été démontré que la méthode de l'analyse foliaire s'avère plus économique que la méthode basée sur les exportations. Dans ce sens, des recherches conduites en conditions pluviales ont montré que l'azote et le potassium sont les éléments à considérer le plus pour la nutrition minérale de l'olivier. D'autres travaux en agroforesterie ont par ailleurs montré que les légumineuses peuvent être recommandées comme cultures intercalaires à l'olivier vu leurs effets bénéfiques sur la fertilité du sol.

Les travaux sur la **valorisation** conduits en collaboration avec les améliorateurs ont permis l'évaluation de l'impact de l'environnement sur les marqueurs variétaux notamment au niveau des principaux composés de pureté et la classification des performances des variétés locales par rapport aux principales variétés des collections mondiales et méditerranéennes de l'olivier. Pour les travaux conduit dans le cadre du Casier oléicole national, l'INRA a contribué à la révision de la norme de l'huile d'olive au niveau du COI et du Codex et la composition chimique des huiles d'olive de la zone sud a été caractérisée ce qui a permis l'identification des sites aux anomalies de composition «valeurs hors normes» (C:18.3 > 1%). En terme de collaboration avec Interprolive, l'INRA a procédé à l'évaluation d'une innovation scientifique qui est l'application d'une impulsion électrique de 8000 V sur la pâte d'olive issue du malaxage dans un environnement clos. En termes d'accompagnement des coopératives et des efforts de labélisation, on a pu élaboré le cahier de charge pour l'IG Huile d'olive 'Amizmiz'.

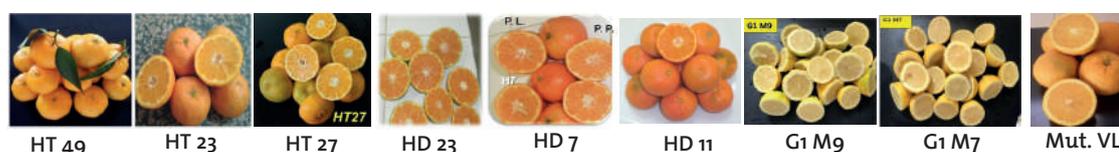
Parmi les résultats de l'analyse de la **chaîne de valeur** de l'oléiculture dans la région de Marrakech-Safi, on a pu montrer une faible diversification du profil variétal, une diminution de la production des plants certifiés/an, une difficulté d'écoulement et une chute des prix de 4 à 13 DH/plant à cause du secteur informel. Il a été montré que le coût de revient d'un litre d'huile est de 26,11 DH en système intensif irrigué par goutte à goutte et de 32,67 DH en système traditionnel irrigué au gravitaire. La récolte et l'irrigation représentent respectivement 37% et 23% du coût de production des olives.

Une autre étude s'est intéressée à l'évaluation de l'AOP Tyout-Chiadma après quelques années de sa reconnaissance. Cette étude a montré l'absence d'une stratégie de commercialisation et une insuffisance de promotion du produit. De plus, la différence de prix excessive entre l'huile Tyout-Chiadma et les huiles conventionnelles (120 à 150 %) fait que la quasi-totalité du produit est vendue en vrac, au prix de l'huile conventionnelle.

DÉVELOPPEMENT D'UNE AGRUMICULTURE COMPÉTITIVE ET DURABLE

Pour la mise à la disposition du secteur agrumicole d'un **matériel végétal performant** (porte-greffes, variétés), l'INRA a procédé à :

- L'inscription au catalogue officiel de la nouvelle variété de mandarine Mabrouka (2019) ;
- La création de trois nouveaux hybrides triploïdes de mandarinier par sauvetage *in vitro* d'embryon immature (HT 23, HT 27, HT 49) en cours d'inscription, de trois nouveaux hybrides diploïdes auto-compatibles par croisement dirigé (HD 7, HD 11, HD 23) en cours d'inscription et la sélection de deux mutants de citronnier (G1 M7 et G1 M9) et d'un mutant de la Valencia late issus de l'irradiation ;



- La sélection et création de 47 porte-greffes dont trois tétraploïdes, 30 hybrides identifiés par marqueurs moléculaires, 5 autres hybrides tolérants à la salinité (H34, H50, H41 et H92 et H56), 7 autres hybrides résistants à *Phytophthora* (H19, H52, H54, H45, H56, H68 et H92) et de 2 hybrides résistants à *Phytophthora* et tolérants à la salinité et à la tristeza (H56, et H92) ;
- La sélection d'associations variétés /porte-greffes performantes en termes de production, qualité et adaptation aux conditions pédoclimatiques pour les différentes régions agrumicoles du Maroc.

L'étude de la prévalence des **viroses** causées par des phytovirus et des microorganismes similaires aux virus des agrumes a été effectuée à Berkane. Des échantillons ont été testés pour la tristeza (CTV), la psorose (CPSV), et la *Spiroplasma citri*. Seul le CPSV a été détecté avec une prévalence de 18%. Les profils d'infection sont significativement différents entre tous les sites prospectés et ce virus est présent aussi bien sur oranger (24%) que sur clémentinier (15%). Des tests préliminaires de la RT-PCR ont permis de confirmer les résultats obtenus préalablement par DAS-ELISA en révélant également la présence de l'exocortis (CEVd) et le rabougrissement du houblon (HSVd). Sur un autre registre, le développement d'un test rapide pour l'indexation biologique du CEVd a été étudié sur des boutures du cédratier 'Etrog'. Les résultats obtenus, indiquent que le CEVd peut être détecté facilement avec des plantes indicatrices inoculées au lieu des semis, ce qui permet de s'affranchir des contraintes de l'indexation biologique traditionnelle des agrumes sans réduire la fiabilité de l'expression des symptômes. Dans une autre étude à l'échelle nationale, des investigations sur la psorose ont dévoilé que le CPSV est largement répandu dans le pays avec un taux d'infection de 33% et que les six isolats de CPSV obtenus ont révélé une identité nucléotidique élevée après caractérisation moléculaire.

Les recherches sur la lutte biologique contre cératite ont mené à l'évaluation de la capacité de prédation du coléoptère *P. rufipes*. Les résultats, dans les conditions du laboratoire, n'était pas concluants, surtout que la capacité de prédation journalière d'adulte de *P. rufipes* est très faible (0,72 à 0,93 individus prédatés/jour). Par ailleurs, des recherches dans la région de Berkane sur la dynamique des populations de la cicadelle verte des agrumes ont permis de relever de cinq à sept pics de vol des cicadelles, alors que le suivi des Degrés-Jours a montré, par contre, l'existence de huit générations chevauchantes. Des recherches sur ce ravageurs concernent également la lutte biologique et des insectes auxiliaires très efficaces sont identifiés dans la nature.

Les recherches sur les **écarts de triage** des fruits de la clémentine de Berkane a montré que les causes sont multiples et que le taux des écarts enregistrés au niveau des stations de conditionnement sont élevés, avec une moyenne respectivement de 27% et 30% pour les fruits de coloration naturelle et ceux déverdis. Cinq catégories de causes des écarts de triage ont été identifiées :



Les dommages physiques et chimiques (représentés principalement par les marbrures), les dommages dus aux ravageurs, et les défauts de cueillette viennent en tête des catégories des imperfections observées sur fruits, suivis par les désordres physiologiques et les infections dues aux champignons phytopathogènes.

L'**irrigation et la fertilisation** des agrumes ont été largement traitées durant cette période 2017-2020. Ainsi, les travaux sur l'irrigation ont montré que les besoins en eau des agrumes à Sidi Allal Tazi, ont été estimés à 622 mm en 2019 et 830 mm en 2018, soit une moyenne de 726 mm. En outre, si l'irrigation déficitaire de la clémentine Sidi Aissa a réduit la vigueur des arbres et le rendement en fruits, elle a augmenté par contre la teneur en sucre, l'acidité totale du jus de fruits et la productivité de l'eau. Les porte-greffes *Citrus macrophylla* et *Citrangue Carrizo* peuvent être recommandés comme les plus convenables pour les agrumes dans ces conditions d'irrigation déficitaire. Par ailleurs, le recours à l'irrigation déficitaire en utilisant les nouveaux capteurs électroniques de l'irrigation de précision, a permis de réduire la dose d'irrigation de 20% tout en gardant les mêmes rendements de la clémentine de Berkane que ceux obtenus par les agrumiculteurs.

Les études sur la fertilisation des agrumes ont montré qu'avec une fumure composée de 360 N - 90 P - 180 K en Kg/ha peut assurer un rendement maximal et une qualité optimale des fruits de la clémentine Nules (greffée sur *Citrangue carrizo*) dans les conditions pédoclimatiques du Gharb. Par contre pour la région du Tadla, c'est plutôt une fumure composée de 110 N, 10 P et 110 K en kg/ha qui est recommandée pour un rendement élevé et une qualité optimale des fruits de la clémentine Sidi Aissa. Par ailleurs, le besoin en Azote de la variété Navel (greffée sur *Citrangue troyer*) s'est révélé de 200 Kg/ha sur un sol sablonneux de la région du Gharb.

Les recherches sur la **valorisation** ont concerné la mise en place des procédés de fabrication de produits à base d'agrumes comme la pâte de fruits, les écorces confites, le compote d'agrumes et huile de pépins d'agrumes. Un procédé simple d'extraction de la pectine a également mis en place. Par ailleurs, le profil biochimique et physicochimique des obtentions agrumicoles de l'INRA a été élaboré.



Divers produits de valorisation des agrumes

En **socio-économie**, l'analyse de la rentabilité des agrumes a permis l'élaboration d'un business plan qui constitue un outil puissant d'analyse de l'opportunité des projets d'investissement. L'analyse a montré que les exploitations de plus de 50 ha restent rentables même avec les changements imprévisibles du contexte économique. De ce fait, les grandes exploitations gagneraient à réaliser les investissements pour disposer de l'autonomie requise et une économie d'échelle, alors que les exploitations de petite taille gagneraient à recourir aux prestataires de services. Les charges de production d'un hectare d'agrumes sont en moyenne de 16.639 DH/ha dont 62% de charges variables, 12% de charges de structure et 26% de charges calculées. Les charges variables sont dominées par le poste des fertilisants (42,8%). La rentabilité économique est estimée à 427%, cela veut dire que chaque dirham investi dans l'agrumiculture rapporte 4,27 DH.

Une étude sur la modélisation de l'efficacité d'utilisation de l'eau d'irrigation des exploitations agrumicoles dans le Gharb a montré qu'elle s'élève à 71,2. Ceci montre qu'il y a une perte de 28,8% d'eau prélevée réellement. D'où la nécessité d'élaborer des programmes ciblés de conseil agricole pour les producteurs les moins efficaces.

AMÉLIORATION DE LA RÉSILIENCE POUR UNE RECONSTITUTION DURABLE DU PALMIER DATTIER

La **production de souches bourgeonnantes** de base nécessaires à la multiplication commerciale du palmier dattier est une mission de l'INRA pour la régénération de la filière phoenicicole marocaine. La production a concerné durant la période 2017-2020 plus de 60 mille souches dont plus de 20 mille ont été livrées aux laboratoires privés. D'un autre côté, nous notons la réussite de la multiplication des nouveaux génotypes sélectionnés qui sont Amagal, Bitljan, Masoudia, Faïda, mâle Bouya, Barhi, Khnézi et production de souches à partir de ces génotypes. De plus, nous assistons à une meilleure maîtrise de la multiplication des génotypes demandés par les investisseurs à travers l'amélioration du processus de la multiplication. Cette amélioration provient de plusieurs résultats comme l'utilisation des huiles essentielles de *Artemisia herba-alba* (0,1%) pour lutter contre les bactéries endophytiques au cours de la phase de multiplication de Majhoul, l'utilisation du sucre granulé (30 g/l) qui favorise l'élongation et l'enracinement des plantules de la variété Boufeggous et l'utilisation des extraits méthanoliques d'*Opuntia ficus indica* (1 ml/l) qui ont un effet bénéfique sur la multiplication des bourgeons, le brunissement des tissus et contre la contamination par la bactérie *Microbacterium testaceum*.

L'utilisation des inflorescences pour la multiplication *in vitro* par organogénèse des clones sélectionnés est une voie prometteuse non destructive du palmier.

Les recherches entreprises dans ce sens ont abouti à la multiplication des bourgeons initiés chez deux nouveaux géotypes en plus de la variété Majhoul. De plus, le milieu de culture a été amélioré par addition d'extraits des algues et l'utilisation de bioréacteurs qui ont eu un effet bénéfique sur les conditions de culture, les performances de la multiplication et les paramètres morphologiques et biochimiques des plantules.

Le développement de l'embryogenèse somatique pour la variété Al-Fayda a permis un taux très élevé (89%) sur le milieu contenant 225 µM de 2,4-D. Les plantules développées ont ensuite été transférées sous serre avec un taux de survie de 77%.

Les travaux de **sélection** et conservation des ressources génétiques du palmier dattier ont continué avec la sélection de 11 nouveaux clones qui présentent des potentialités de maturation de dattes dans les conditions du Haouz.

Les palmiers des oasis se caractérisent par un **état sanitaire** préoccupant. La pourriture des inflorescences est la maladie qui cause des pertes économiques importantes. Les investigations ont montré que *Mauginiella scaettae* est le champignon responsable de la maladie au niveau de 80% des spadices malades collectés. Le contrôle efficace de cette maladie a été obtenu par application d'oxychlorure de cuivre, du thiophanate méthyle ou du thirame.

Pour le contrôle du Bayoud, principale menace phytosanitaire du palmier dattier au Maroc, une étude s'est intéressée à l'analyse métagénomique et a montré que les sols suppressifs du Bayoud ont une richesse microbienne très élevée par rapport aux sols propices et hébergent des espèces bactériennes et fongiques très antagonistes à l'égard du *Fusarium oxysporum* f.sp. albedinis (Foa). En outre, les sols suppressifs contiennent des espèces de *Fusarium spp.* inhibitrices du Foa et plus compétitifs pour les éléments nutritifs, suggérant que la suppression naturelle de la maladie du Bayoud est le résultat des effets combinés de l'antagonisme et la concurrence pour les éléments nutritifs dans le sol. Toujours dans le cadre de la lutte contre le Bayoud, on a pu confirmer que les fongicides oxyquinoléate de cuivre et la combinaison Mancozèbe-Metalaxyl freinent la croissance du parasite et par conséquent peuvent être préconisés pour le traitement des apports organiques avant leur incorporation dans le sol. Cette technique diminuera le risque potentiel de propagation du Bayoud dans les aires modernes de culture du palmier dattier.

En matière d'optimisation des **techniques culturelles**, les recherches se sont concentrées principalement sur l'irrigation et la fertilisation du palmier dattier, surtout pour les conditions de la région du Draa-Tafilalet. Les études sur l'irrigation ont démontré qu'une production suffisante de la variété Majhoul reste possible même avec une irrigation déficitaire de 14 et 40% des besoins. Le meilleur régime hydrique étant celui correspondant à un apport de 60, 100 et 80% de l'ETM respectivement pour les périodes hivernale, printanière et estivale.

Ces résultats ont en outre permis de constituer une base de données, essentiellement sur les stratégies d'irrigation déficitaire et leurs effets sur le fonctionnement du palmier dattier adulte, cv Majhoul. Concernant la fertilisation et la fertigation, le principal résultat obtenu concerne la constitution d'une base de données sur l'état des lieux de la fertilisation du palmier dattier aussi bien au niveau des palmeraies traditionnelles que dans les nouvelles plantations modernes.

En terme de **valorisation**, la poudre et l'huile des noyaux de dattes d'une vingtaine de variété marocaines ont été caractérisées en vue d'appuyer cette voie de valorisation. Sur le terrain, on a contribué à l'évaluation de la qualité des produits à base de dattes des unités de transformation des dattes pour l'amélioration de leur qualité de produits conformément aux normes en vigueur. En outre, l'étude des aptitudes à la conservation par réfrigération des dattes a mis en exergue l'ampleur et l'évolution temporelle des dégradations qualitatives et quantitatives compromettant la qualité de deux variétés de dattes à haute valeur marchande qui sont Majhoul et Boufeggous. Par ailleurs, l'INRA a participé à l'élaboration des cahiers de charges pour la labellisation de deux variétés de dattes à travers le développement et l'assistance à la reconnaissance de deux signes distinctifs d'origine et de qualité : L'indication géographique protégée «Dattes Bousthammi noire de Drâa», et l'indication géographique protégée «Dattes Outoukdime de Toudgha Tinghir».

AMÉLIORATION ET VALORISATION DE LA PRODUCTION POUR UNE FILIÈRE FRUITIÈRE DURABLE ET COMPÉTITIVE

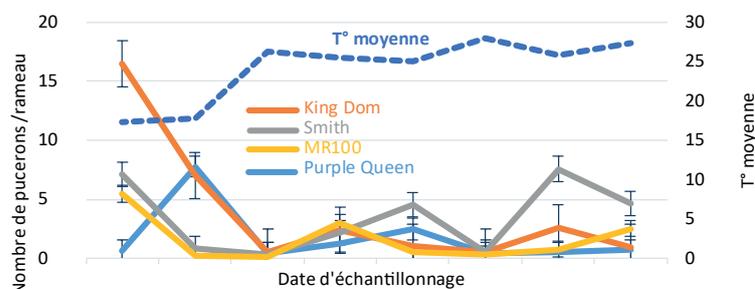
Les recherches sur **l'amélioration et la conservation des ressources génétiques** arboricoles ont été très riches durant la période 2017-2020. Les acquis majeurs ont concerné les cinq espèces prioritaires suivantes :

- Figuiers : (i) Sélection de 9 variétés performantes : El Ghouddan, Chaari, Chetoui, Ournaski 2214, Lamndar noir, Bougie (40), Aboucharchaou, Assel 2890 et Lamndar labied) à proposer pour inscription au catalogue officiel et (ii) Sélection de 10 géotypes de la prospection dans la région d'Al Hoceima : 4 de type bifère (Ahour, Amarki, Tazizat et Tamjaht) et 6 de type unifère.
- Pommier : Caractérisation de la diversité pomologique, colorimétrique chimique et biochimique de 26 variétés de la collection de l'INRA.
- Grenadier : (i) Sélection de 8 variétés performantes (Zehri d'automne, Zehri précoce, Kharaji de Bzou, Sefri, Khilkho, Chioukhi, Wonderful, Gordo de Jativa) à proposer pour l'inscription au catalogue officiel et (ii) Caractérisation des performances pomologiques et qualitatives de la collection de grenadier de 18 cultivars (10 locaux et 8 étrangers).

- Amandier : (i) Sélection de deux variétés ‘Tardy non pareil’ et ‘Douma 102’ comme des pollinisateurs potentiels pour Marcona et (ii) Réhabilitation des associations variétales à floraison précoce (mi-janvier) et à floraison moyenne (début février) pour relancer leur culture dans les zones à faible disponibilités en froid.
- Caroubier : Étude de la phénologie de floraison chez le caroubier avec une période de floraison des géotypes femelles plus longue (8 - 10 semaines) que celle des géotypes mâles (5 – 7 semaines).
- Vigne : (i) Prospection et sélection de 39 individus dans la région de Chefchaouen et installation des cépages à la station expérimentale de Larache, et (ii) Initiation d’un programme d’amélioration génétique par mutagenèse en irradiant par rayons Gamma la variété locale Doukkali.

Les recherche sur la **protection des cultures** se sont intéressées à plusieurs maladies et ravageurs dont le voltinisme du carpocapse dans les conditions de la région d’Azrou et l’impact de la température sur le déroulement du cycle de cet insecte dans deux vergers de pommier. Les résultats de cette étude ont montré que le voltinisme du carpocapse est formé en quasi-totalité de 3 générations complètes et une 4^{ème} partielle, et dans certaines situations climatiques, peut aller jusqu’à 4 générations complètes et une 5^{ème} partielle. Le phénomène d’élévation des températures a influencé principalement le déroulement de la première et la dernière génération qui marquent respectivement le début et la fin de l’activité de l’insecte.

Par ailleurs, le suivi des pucerons sur quatre variétés de grenadier conduites en mode biologique au stade floraison, a montré que l’infestation par rameau de *MR100* et de *Purple Queen* est moins importante que chez *King Dom* et *Smith*. La pullulation des pucerons débute avec les premiers boutons floraux mais avec des niveaux variables d’infestation selon les variétés, et elle régresse avec l’élévation des températures vers mi-avril. La structure des populations de pucerons été composée de larves de différents stades, d’adultes aptères et ailés. Il est à souligner que les formes adultes des populations de pucerons associées aux quatre variétés de grenadier sont dominées par les aptères (91,25%) (Voir la figure ci-dessus).



Évolution des populations de pucerons sur quatre variétés de grenadier dans le Tadla (*Purple Queen*, *King Dom*, *Smith* et *MR100*)

Pour les aspects liés aux **techniques de culture**, il a été surtout question de contribuer à une agriculture résiliente en optimisant les itinéraires techniques à travers un paquet technologique adéquat. Ainsi, les travaux sur la nutrition hydrominérale du pommier ont abouti à l'établissement de normes de fertilisation N-P-K-Ca-Mg. Il a été aussi démontré que le mode de fractionnement de l'azote 1/3-1/3-1/3 aux stades 'avant débourrement', 'nouaison' et 'plein grossissement' est plus efficient et abouti à des rendements meilleurs. En outre, une irrigation déficitaire, couvrant seulement 70% des besoins du pommier a permis de maintenir un bon niveau de rendement tout en améliorant la qualité du fruit.

Normes de référence pour l'interprétation des analyses foliaires du pommier (cv. Golden delicious)

	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
Imouzzar Kandar	2,75 - 3,00	0,20 - 0,22	1,90 - 2,10	1,30 - 1,45	0,25 - 0,28
France (Saint Gobain)	2,25 - 2,35	0,15 - 0,20	1,15 - 2,00	1,40 - 2,00	0,22 - 0,35

Normes de référence pour l'interprétation des analyses du sol en verger de pommier à Imouzzar Kandar

	P ₂ O ₅ (ppm)	K ₂ O (ppm)	Ca (meq/100g)	Mg (meq/100g)
Sol argilo-limoneux	92 - 126	350 - 415	14 - 18	1,7 - 2,2
Sol limono-sableux	82 - 106	320 - 410	13 - 18	1,7 - 2,2

Également chez le grenadier, un régime de 70% des besoins hydriques peut être envisageable en zones à aridité accrue, moyennant des réductions tolérables observées en termes de rendement et de qualité du jus. A ce propos, 11 cultivars du grenadier ont été classés en fonction de leur tolérance à la sécheresse, en se basant sur des marqueurs potentiels de tolérance.

Pour le cas du figuier, les essais visant une meilleure optimisation de la fertilisation du cultivar Ghoudane, conduit en pluvial, ont montré que le rendement le plus élevé a été obtenu avec un équilibre NPK de 1-2- 0,4. Par contre pour le cas de l'amandier en conditions pluviales de la région d'Al Hoceima, les résultats obtenus ont montré que sur jeune amandier en pots, des doses de 100 g/plant de phosphore et 600 g/plant de potassium ont été les plus efficientes.

Cinq espèces ont été concerné par les travaux sur la **valorisation** :

Pour le figuier, un produit de transformation qui est la confiture de figue a été développé en plus d'un procédé de séchage. Nous rappelons ici l'amélioration des fonctionnalités du séchoir solaire indirect à convection naturelle pour les figes.

Pour l'amandier, un procédé de fabrication du lait à base de tourteau d'amande a été développé et la qualité physicochimique de l'huile d'amande de la région d'Oriental a été déterminée.

Pour le caroubier, on a précédé à la caractérisation physico-chimique, morphologique et sensorielle des géotypes du caroubier au niveau des régions de Beni Mellal-Khénifra et d'Al Hoceima ainsi qu'au développement de trois produits à base de la pulpe de caroube (boisson, sirop et confiserie).

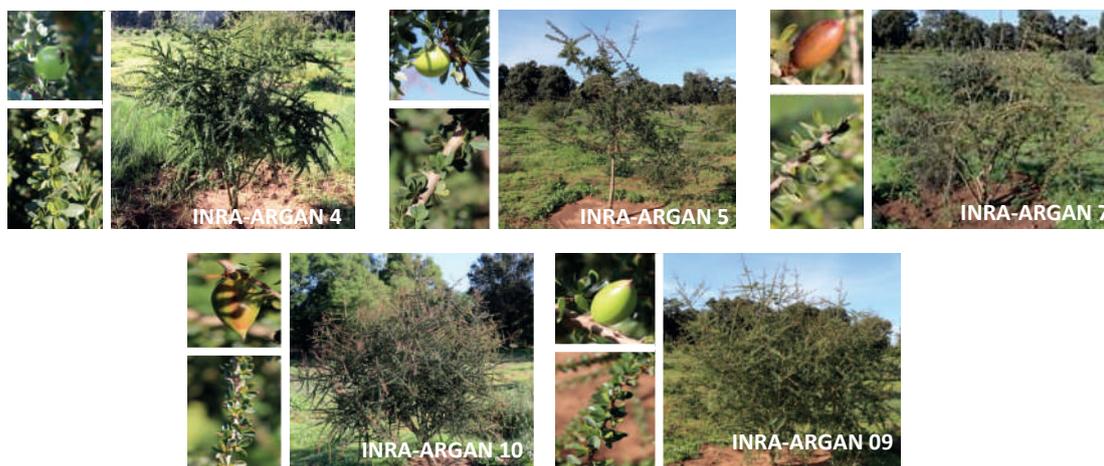
Pour le grenadier, on a procédé à la caractérisation pomologique, physico-chimique, biochimique et sensorielle et étude des activités antioxydantes et antimicrobiennes des fruits dans les régions de Beni Mellal et Marrakech-Safi. On a aussi développé 3 produits de transformation (Jus, confiture et vinaigre) et un procédé de valorisation des écorces.

Par ailleurs, l'INRA a collaboré pour le développement d'un signe distinctif d'origine et de qualité de la noix de l'Atlas Haouz Marrakech.

En matière d'étude **socio-économique**, l'analyse de la dynamique de la mise en œuvre des Signes Distinctifs d'Origine et de Qualité pour la variété «Grenade Sefri Ouled Abdellah» a montré que l'Indication Géographique a induit une dynamique illustrée par l'extension des superficies, l'augmentation du rendement moyen à 24 T/ha contre 13 T/ha comme moyenne nationale, une amélioration des prix de vente du producteur et l'initiation de l'exportation (2% de la production). Cependant, le processus d'indication n'est pas encore maîtrisé sur le plan organisationnel et les producteurs ignorent son intérêt ainsi que les exigences du cahier de charges, les objectifs et les normes en vigueur. Pour remédier à ces contraintes, on recommande le renforcement des capacités managériales de la coopérative, et ce à travers une plateforme d'innovation et l'activation du processus de marketing autour du produit.

DÉVELOPPEMENT DURABLE DE LA FILIÈRE ARGANIER

Le fait marquant en **amélioration génétique** de l'arganier est l'inscription de six variétés performantes, productives, avec un large spectre d'adaptation à plusieurs environnements, notamment les régions d'Agadir, Larache, Meknès et Berkane. Les six variétés ont été identifiées génétiquement par des marqueurs moléculaires. Cette inscription sera suivie par une protection à l'international.



L'arganier est auto-incompatible d'où la nécessité d'inclure dans la conception des vergers d'arganiculture des pollinisateurs hautement compatibles, qui fleurissent en même temps que la variété et qui doivent être réguliers, vigoureux et à haut rendement et valeur commerciale. L'INRA a sélectionné le pollinisateur INRA-7 qui fleurit deux fois par an avec une forte intensité florale et absence de l'alternance.



Description phénotypique du pollinisateur INRA-7
B : l'intensité florale du pollinisateur ; C, D : Structure florale de type mésostyle

La **pollinisation chez l'arganier** est assurée principalement par les insectes à raison de plus de 88%. Trois espèces sont considérées comme pollinisateurs potentiels à savoir: *Apis mellifera*, *Eristalis tenax* et *Eristalinus taeniops*.



En matière de développement des techniques de multiplication végétative conforme à l'arganier, l'INRA a optimisé le greffage et le bouturage du matériel juvénile pour la multiplication en masse des plants. Pour le matériel adulte, le taux de réussite peut atteindre 30%. Plusieurs facteurs ont été également étudiés dans l'objectif d'optimiser la production des porte-greffes de qualité, à savoir l'origine du matériel végétal, l'effet de la scarification, l'effet du substrat et l'effet du génotype. La production des porte-greffes et la transplantation des plants greffés en verger ont été réalisées avec succès. Aucun signe d'incompatibilité n'a été observé.

Les recherches visant l'optimisation des **techniques d'arganiculture** ont montré que l'arganier est très positif aux apports en Azote, Phosphore, Potassium, Calcium et Magnésium. Ainsi, pour les jeunes plants d'arganier, une fumure composée de 40-90, 40-80, 40-60, 60-60, 20-50 unités/ha, respectivement en N, P, K, CaO et MgO peut être recommandée. Ces apports ont en effet amélioré de 30% le diamètre des rameaux des jeunes plants et de 55% leur croissance en hauteur, avec 70% des jeunes plants entrés en production à partir de la 5^{ème} année. Pour le cas des plants adultes, ces besoins ont atteints 180-240, 60-120, 100-160, 120-180 et 40-80 unités/ha respectivement en N, P, K, CaO et MgO.

Pour ce qui est de l'irrigation de l'arganier, les besoins hydriques des jeunes plants se sont révélés à hauteur de 1800-2200 m³/ha, et à 2600-3200 m³/ha pour les plants adultes.

La qualité de l'huile d'argan dépend du génotype et du terroir. Pour ce, des bassins homogènes de l'arganeraie conférant une typicité de l'huile d'argan ont été identifiés et le potentiel réel de qualité et de pureté de l'huile d'écotypes a été caractérisé pour les programmes de sélection et pour la mise en place d'une norme marocaine fiable. Par ailleurs, le savoir-faire local d'extraction traditionnelle de l'huile d'argan a été étudié en vue de sa protection par élaboration de la première Spécialité Traditionnel Garantie.



DÉVELOPPEMENT DE LA COMPÉTITIVITÉ ET DE LA DURABILITÉ DE LA FILIÈRE MARAÎCHÈRE

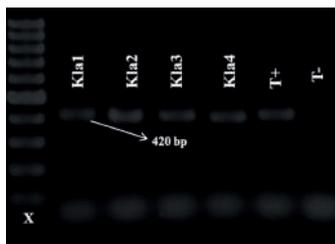
Pour établir une vue complète de la **situation des virus Tylc** dans la région de Berkane, une recherche a montré que leur prévalence est de 63%. Le TYLCSV est le virus le plus dominant avec une prévalence de 42%. Des recombinants de type TYLCV-IS76 circulent dans cet agroécosystème. Aucun cas positif n'a été détecté en dehors des échantillons de tomate bien que certaines de ces espèces d'adventices aient été décrites comme hôtes potentiels au Tylc.



Une autre étude s’est intéressée à l’identification de nématodes phytoparasites associés aux cultures maraîchères de la région de Souss-Massa. Les résultats ont montré que plusieurs espèces très destructrices ont été détectées, dont *Meloidogyne arenaria* et *Xiphinema pachtaincum* qui ont été identifiées pour la première fois au Maroc. Le taux d’infestation par le genre *Meloidogyne* est de 82,7%, et plus particulièrement, par les deux espèces *M. javanica* et *M. incognita*.



Symptômes de jaunissement et flétrissement causés par *M. arenaria*



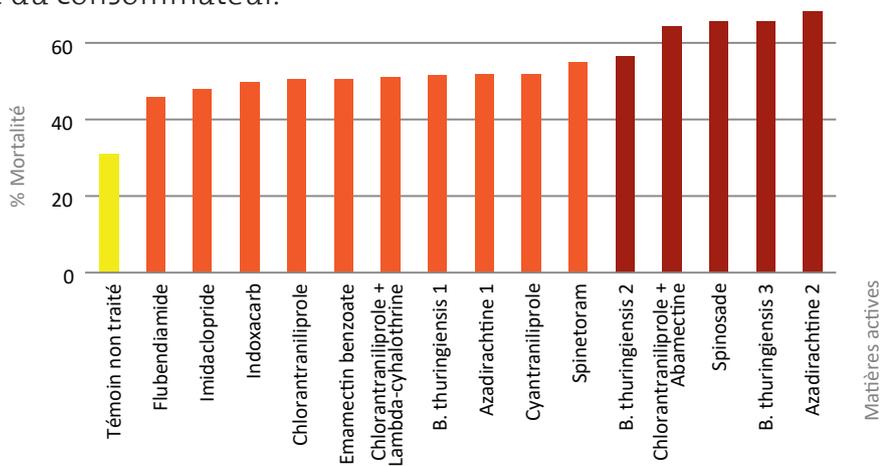
Identification à l’aide des amorces spécifiques de *M. arenaria*



Dégâts de *X. pachtaincum* sur l'oignon à Souss-Massa

Dans le cadre de la lutte biologique contre les nématodes à galles *Meloidogyne* spp., une recherche sur le potentiel nématicide de certaines huiles essentielles a été conduite *in vivo*. Cette recherche a révélé qu’une solution de Cèdre de l’Atlas mélangée au Souci et au *Warionia saharae* a permis un taux de mortalité très élevé des larves J2 de *Meloidogyne*, alors que le pourcentage le plus élevé d’inhibition de l’éclosion des œufs a été obtenu avec l’huile de sauge. Tandis que la Cannelle et l’Origan (32 ppm) ont permis une réduction satisfaisante de tous les paramètres nématologiques étudiés.

Pour le contrôle de la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* dans la région de Souss, 15 spécialités commerciales d’insecticides réparties en biopesticides et larvicides-adulticides ont été évaluées sous serre. Les spécialités qualifiées de biopesticide ont causé des mortalités satisfaisantes (+60%), un constat encourageant à exploiter dans l’élaboration d’une stratégie de lutte intégrée contre ce redoutable ravageur, et dans le respect total de l’environnement et de la santé du consommateur.



Taux de mortalité de la mineuse de la tomate pour les quinze spécialités commerciales testées

Les recherches sur les **techniques de production** des cultures maraîchères ont pris une part importante dans ce mégaprojet. Ainsi, en matière d'optimisation de l'environnement des serres, les résultats obtenus peuvent être résumés en trois points :

- La structure de serre à surface limitée à 4000 m² a permis une meilleure productivité des cultures, suite à sa plus grande flexibilité au changement du climat extérieur, en comparaison avec les serres conventionnelles de 6000 m².
- La couverture plastique des serres par du P.E. 240µ d'épaisseur est recommandée pour ses bonnes qualités de transmission maintenues, durant 3 années successives, sur la production de la culture.
- Le chauffage de la serre par boudins est plus approprié que le chauffage actif par blocs de lit de roche, et ce pour son coût plus compétitif et pour son impact nettement améliorateur des rendements.



Prototypes de chauffage de la serre canarienne : Lit de roche enterré (à gauche) et boudins en plastique noir (à droite)

Par ailleurs, les essais sur l'application d'un compost sur le poivron sous-serre, sans enrichissement supplémentaire, constitue un meilleur choix en termes de rentabilité économique. Un tel amendement organique diminue l'impact du stress salin sur la croissance végétative des plantes tout en augmentant significativement la quantité d'azote total et de carbone actif dans le sol.

La diminution de l'effet de la salinité a été obtenue également par l'apport d'une fertilisation phosphatée supplémentaire sur la tomate sous serre. En effet, une augmentation de 20% de la dose du phosphore augmente significativement le pourcentage en poids des fruits commercialisables et ce même avec une eau d'irrigation saline allant jusqu'à 6 dS/m.

L'étude **technico-économique** menée au niveau du Souss-Massa concernant l'utilisation de l'énergie solaire en agriculture a montré que l'énergie photovoltaïque est plus compétitive que le gasoil, l'électricité et le butane après 5 ans d'exploitation et que le système de pompage solaire représente l'option la plus adaptée vu son coût faible. Néanmoins, des mesures d'accompagnement pour la protection de la nappe d'une surexploitation doivent être prises au même temps que le développement de ce type de pompage.

DÉVELOPPEMENT DE LA FILIÈRE DES PETITS FRUITS ROUGES

Les techniques de **micro-propagation** de la fraise ont été mises au point en maîtrisant les étapes d'établissement de la culture, la phase de multiplication et d'enracinement.

Pour développer l'embryogenèse somatique chez le fraisier, l'amélioration de la callogenèse a motivé une recherche sur la réponse d'explants aux milieux testés. Les résultats ont montré que la variété Sabrina donne un taux callogenèse plus important que la variété Fortuna pour les différentes combinaisons de l'acide 1-naphtalène acétique (ANA), Benzyl-adenine (BAP) surtout lors de la dominance de BAP.

Pour la myrtille, les essais ont affirmé le milieu Mc'Cown Woody Plant (1981) avec une concentration hormonale de 4mg/L de zéatine comme étant le meilleur milieu pour la multiplication *in vitro*. Concernant la multiplication *in vivo*, l'ensemencement des graines et le bouturage sur un substrat sableux mélangé avec de la tourbe acide (pH 4,4) ont montré des résultats satisfaisants, juste après 5-6 semaines de leur culture.

Par ailleurs, 15 nouvelles sélections de fraise provenant d'Italie, de France et d'Espagne ont été testées pour comparer leur réponse aux conditions de culture du sud marocain. Les résultats ont mis en évidence sept géotypes supérieurs au contrôle «Fortuna» même en conditions d'irrigation déficitaire.

Pour ce qui des recherches sur la **conduite technique**, on a pu montrer qu'une fertilisation azotée et potassique du fraisier en plein champ avec un équilibre K/N de 2/4 durant la phase végétative et de 1/1 durant la phase productive a permis une augmentation du rendement de plus de 2 T/ha pour les variétés Fortuna, San Andreas et Sabrina. Cet équilibre a également fait augmenter le Brix de 13%, et le calibre de 9%. Par ailleurs, d'autres études menées dans la région de Larache ont pu réduire de 30% les apports en eau, en azote et en phosphore sur les six premiers mois de la culture tout en gardant de bons niveaux de production.

En matière de recherche sur la **valorisation**, la qualité physico-chimique et nutritionnelle des fraises en fonction du mode de conduite a été déterminé ainsi que les paramètres de conservation des fraises et petits fruits rouges.



PRÉSERVATION ET DÉVELOPPEMENT DE LA FILIÈRE CACTUS

Le fait marquant du mégaprojet sur le cactus est l'**inscription des premières variétés de cactus** résistantes à la cochenille au catalogue officiel, issues de la collection des cactées de l'INRA installée au domaine expérimental Melk-Zhar dans la région de Souss-Massa, fruit de plusieurs prospections et d'un laborieux travail de terrain. Dans le cadre de Génération Green 2020-2030, ces huit variétés constitueront la base des plantations futures leur conférant la résistance génétique à la cochenille, le fléau qui a dévasté plusieurs plantations de cactus dans plusieurs régions du Maroc.



Avec le soutien de la FAO au Maroc, une serre à filets anti-insectes a été construite pour protéger une copie de la Collection Nationale de Cactus de l'INRA des attaques de la cochenille.

En terme de **lutte intégrée** contre la cochenille du cactus, des biopesticides d'origine végétale comme le piment ainsi que des produits naturels non toxique comme le savon noir ont été développés et expérimentés au laboratoire, en conditions contrôlées et au champ. Actuellement certains biopesticides à base de savon noir sont adoptés pour la lutte contre la cochenille. D'autres biopesticides d'origine fongique ont été développés au laboratoire pour la lutte contre ce redoutable ravageur du cactus.

La biologie de la cochenille *D. opuntiae* a été étudiée au laboratoire et dans les conditions contrôlées au cours des 4 saisons de l'année. Les résultats obtenus dans les conditions marocaines ont montré que la période d'incubation des œufs est de 22 heures, l'âge des 2 premiers stades larvaires est de 1 à 11 et de 16 à 58 jours, respectivement. La durée du cycle moyen du mâle et de la femelle est de 37 à 75 et de 128 à 134 jours, respectivement. L'âge du mâle adulte varie entre 8 et 9 jours. Dans les mêmes conditions les paramètres de développement et de reproduction (longévité, oviposition, fécondité, fertilité, sex-ratio, etc.) ont été déterminées chez la femelle de *D. opuntiae*. La lutte biologique par la coccinelle prédatrice *Cryptolaemus montrouzieri* en conditions du laboratoire et au champ a montré une prédation importante (taux de réduction supérieur à 80%). Par la suite, 10 autres prédateurs locaux (*Hyperaspis campestris*, *H. notata*, *Scymnus interruptus*, *S. loewii*, *S. latemaculatus*, *S. guttulatus*, *Nephus*



redtenbacheri, *Hippodamia convergens*, *Exochomus nigripennis*, *Chilocorus bipustulatus* et *C. politus*) ont été identifiés à prédation variable sur les différents stades de la cochenille et donnant espoir à un équilibre naturel dans l'avenir. L'étude de la compatibilité des insecticides avec les prédateurs potentiels a été étudiée pour la réussite d'un programme de lutte intégrée optimale.

Les recherches sur la **qualité** des fruits du cactus ont été nombreuses. Les recherches ont montré que la récolte à un stade S2 Vert-Jaune est optimal, et le stockage à 8°C a permis une durée de conservation allant jusqu'à 30 jours, sans effets économiquement néfastes sur les fruits. La caractérisation des écotypes du cactus sur la base des critères physiques, physico-chimiques, biochimiques et sensoriels a été établi, y compris pour le germoplasme d'Errachidia.

Les recherches sur les procédés de transformation ont débouché à l'élaboration d'un procédé de fabrication d'une confiture et d'un nectar aromatisé par le thym à base de la variété Delahia, d'une confiture à base de la variété Al Hamra, et du savon dur à froid et du savon glycéринé à base d'huile des graines de la variété Al Hamra.

CONSERVATION ET VALORISATION DES ESPÈCES AROMATIQUES ET MÉDICINALES À GRANDE VALEUR

En se focalisant sur l'inventaire, la domestication et la valorisation de la biodiversité locale, ce mégaprojet tente d'abord d'estimer la **variabilité génétique** qui caractérisent les populations ayant survécu à la surexploitation avant tout programme de sélection et de domestication. Les activités de caractérisation ont été focalisées sur cinq espèces à savoir, *Arbutus unedo* (Arbousier), *Myrtus communis*, *Cladanthus erriolepis*, *Cladanthus scariosus* et *Cladanthus mixtus*.

La caractérisation de l'arbousier a montré une variabilité significative de la teneur en protéines et en matières grasses entre les feuilles et le fruit.

Leurs teneurs en fibres ont été presque les mêmes. La teneur en sucres totaux et en sucres réducteurs dans les feuilles a été respectivement trois et deux fois supérieure à celles dans le fruit. La composition en sucres solubles caractérisée par la dominance du glucose suivi du fructose. La composition minérale a montré une richesse en P, K, Fe et Zn. Concernant les éléments bioactifs, l'arbousier est riche en Polyphénols (34.2mg EAG/g), Flavonoïdes (3.2mg EQ/g) et Tanins (0.167mg EC/g).

Le genre des camomilles comprend cinq espèces, dont *Cladanthus scariosus* et *Cladanthus eriolepis* qui sont endémiques du Maroc. L'étude de la diversité chimique a conclu que :

- Les principaux composants de *C. eriolepis* récolté dans la région de Zagora ont été l'isobutyrate d'isobutyle (21,2%) et l'angélate d'isobutyle (20,8%).



- L'huile essentielle de *C. scariosus* est dominée par le sabinène (17%), l' α -pinène (14,4%) et la D-germacrène (8%) avec une grande variabilité entre populations.
- Les trois espèces de camomille (*C. scariosus*, *C. eriolepis* et *C. mixtus*) ont une valeur nutritionnelle intéressante et riche en protéines (9,2-12,6%), en fibres (17-19,4%) et en sucres totaux (24,8-71,7 mg EG/ g MS). Elles sont également riches en molécules bioactives. Toutefois, *C. scariosus* s'est distinguée par ses teneurs élevées des trois groupes de molécules étudiées : 106,64 (mgEAG/gMS) de Polyphénols totaux, 1,22 (mgEQ/gMS) de Flavonoïdes et 9,78 (mgEC/gMS) de tanins.

L'étude sur le myrte a été focalisée sur la caractérisation chimique des huiles essentielles. L'analyse a mis en évidence une grande variabilité intra spécifique. Trois chémotypes ont été ainsi identifiés correspondant à une répartition géographique distincte : la majorité des chémotypes du Nord (Larache et Chefchaouen) ont présenté une composition chimique caractérisée principalement par le 1,8-cinéole (31,5%) et l'acétate de myrtényle (29,5%). Les chémotypes du Centre (Rabat, Benslimane, Oulmès) sont riches en α -pinène (23,1%), le 1,8-cinéole (19,5%) et le linalol (15,6%). Et enfin, la région d'Ourika, riches en acétate de myrtényle (40,2%). La composition chimique du myrte marocain lui confère une valeur commerciale importante grâce aux teneurs appréciables en huiles essentielles qui présentent des propriétés anti-inflammatoires, antioxydantes, anxiolytiques et antidépressives.



La **domestication** nécessite l'évaluation de la diversité génétique des peuplements disponibles. C'est l'objectif assigné pour deux espèces de thym, à savoir, *Thymus broussonetti* et *Thymus satureoides*. Ainsi, 20 paramètres agro-morphologiques et phénologiques ont été suivis pour plus d'une centaine d'accessions dans deux sites : Rabat et Khémisset. Pour les paramètres phénologiques, aucune différence significative n'a été notée entre les deux sites d'expérimentation. Le nombre de jours à la floraison des populations a été compris entre 112 jours et 142 jours.

Les recherches menées pour la valorisation des plantes aromatiques et médicinales ont d'abord conduit à la caractérisation chimique et la détermination de la composition des huiles essentielles des principales espèces marocaines. Par ailleurs, on a mis au point un procédé d'aromatisation par le thym du fromage semi-affiné du lait de chèvre qui a permis d'améliorer la qualité hygiénique et de prolonger la durée de conservation. Également, on a produit un nectar de fraise stable aromatisé par la sauge et la mélisse de bonne qualité organoleptique et hygiénique.

Pour valoriser son rôle de bio-conservateur naturel, l'huile du *Thymus satureoides* (0,1%) a été confirmée pour avoir réduit l'inoculum bactérien et fongique et la formulation a satisfait aux exigences de la pharmacopée européenne, avec une conservation importante pendant 28 jours.



Pour l'optimisation des conditions de séchage des plantes aromatiques et médicinales du Nord du Maroc, des recherches ont établi des recommandations à propos des températures et de la durée :

Espèce	Température	Durée à l'ombre
<i>T. satureioides</i>	30 °C pendant 4 jours	8 jours
<i>T. Vulgaris</i>	30 °C pendant 4 jours	12 jours
<i>O. Onites</i>	30 °C pendant 6 jours	8 jours
<i>O. Vulgare</i>	30 °C pendant 6 jours	10 jours
<i>O. majorana</i>		8 jours
<i>S. officinalis</i>	30°C pendant 6 jours	
<i>S. montana</i>		12 jours

DÉVELOPPEMENT ET PROMOTION DE LA FILIÈRE SAFRAN

Le développement de la filière du safran dépend principalement de la mise à disposition des producteurs de cormes performants. Pour ce faire, l'INRA a mis en œuvre ce mégaprojet qui a permis d'aboutir à des résultats encourageants tels que la **caractérisation et la sélection des cormes** de différentes origines. Ainsi, deux cultivars intéressants ont été identifiés. Le premier est constitué de cormes issus des provenances de moyenne altitude (≈ 1600 m), le 2^{ème} issu des de hautes altitudes (≥ 1900 m).

Les travaux d'optimisation de la multiplication *in vivo* du safran ont montré que l'application au sol des substances humiques augmente le nombre mais réduit le diamètre et le poids des cormes et la croissance des pousses. Tandis que l'application de l'hormone végétale BAP a montré des effets plus encourageants pour améliorer la multiplication et le développement des cormes.

Pour l'optimisation de la multiplication des cormes *in vitro*, et après avoir atteint un taux de désinfection et de débourrement de 95%, la phase de multiplication a débouché sur un nombre de 5-7 pousses/fragment de cormes sur le milieu MS+ 8 mg/l de BAP + 0.5 mg/l de ANA. La phase de formation des cormes a été obtenue sur le milieu MS + 3 mg/l BAP + 80% saccharose.



Essai sur la multiplication *in vivo* du safran

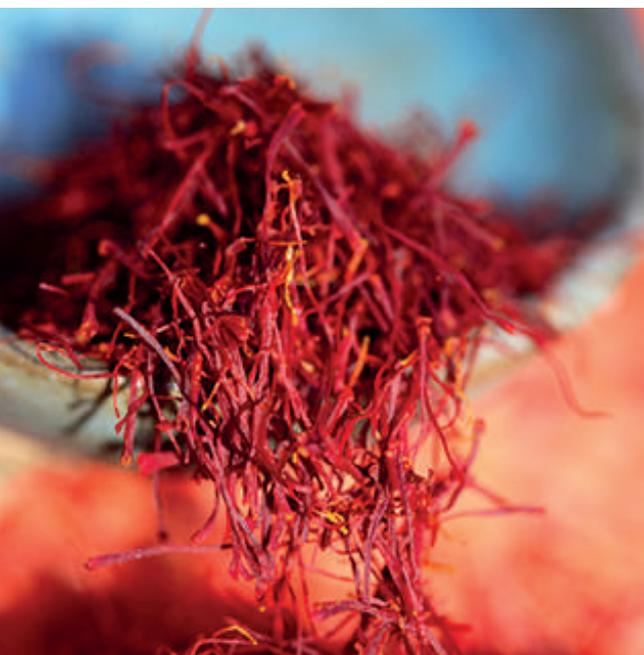


Essai sur la multiplication *in vitro* du safran

Les **études agronomiques** se sont intéressées à la densité de plantation, à l'irrigation et la fertilisation organique. Les recherches sur la densité de plantation des cormes ont montré que ce sont les densités légères, de moins de 50 cormes/m², qui donnent les taux de multiplication de cormes les plus élevés. La production maximale des cormes a été observée avec la densité de plantation de 35 cormes/m². Par contre, ce sont les densités élevées de l'ordre de 100 cormes/m² qui permettent des rendements supérieurs en Safran épices (Pistils). Les densités légères de l'ordre de 50 cormes/m² sont plus appropriées pour la production durable aussi bien du safran épices que des cormes pour de nouvelles plantations. En matière d'irrigation, les résultats obtenus ont montré qu'avec une irrigation de 75% des besoins, il est possible d'obtenir des rendements intéressants en stigmates et comparables à ceux obtenus avec 100% des besoins hydriques. Par ailleurs, la fertilisation organique, testée à travers différentes doses de compost, a engendré des pourcentages importants de cormes de remplacement avec des poids et calibres satisfaisants, ce qui est favorable pour la durabilité des safranières.



Une étude sur la **qualité** du safran chez les agriculteurs a montré une influence significative du mode et du protocole de séchage sur les taux de safranal et crocine qui sont déterminant pour la qualité (ISO 3632-1, 2011). Ceci a motivé d'autres recherches pour déduire que le meilleur séchage qui garde au safran le meilleur contenu de ses métabolites principaux est un séchage de 70 min à 45°C. La conservation est également une phase cruciale pour la qualité commerciale du safran, jugée sur le taux d'humidité résiduelle des stigmates ainsi que l'absorbance maximale de la crocine, de la picrocrocine et du safranal. Une recherche a montré que le stockage durant trois ans dans des conditions hermétiques a conservé le taux d'humidité résiduelle en dessous du seuil toléré (12%) pour la plupart des échantillons. Mais au-delà de 3 ans, la durée a affecté négativement les taux des molécules caractéristiques de la qualité du safran. Ce résultat confirme que la date limite de consommation du safran qui ne doit pas dépasser plus de 3 ans.



AMÉLIORATION ET VALORISATION DES PRODUCTIONS DE LA FILIÈRE VIANDES ROUGES POUR DES SYSTÈMES D'ÉLEVAGE RÉSILIENTS ET DURABLES

Les recherches sur la filière viandes rouges ont concerné la caractérisation et la valorisation des ressources génétiques des petits ruminants, la caractérisation et l'amélioration des ressources alimentaires et fourragères et la valorisation de la qualité des produits animaux. Ces travaux se sont déroulés en parallèle avec le développement de la race Deroua en multiplication, et la diffusion de la race INRA180 chez les éleveurs de l'ANOC, une race désormais reconnue et qui a été intégrée au programme national de sélection et de marquage.

La **caractérisation de la race** Draa a montré un degré de différenciation et des distances génétiques plus élevés comparés aux populations caprines locales. Pour améliorer l'état corporel des chèvres de cette race et raccourcir la durée d'*anoestrus* post-partum dans un système de 3 chevrotages en 2 ans, le sevrage précoce a été appliqué à 45 jours au lieu de 75 jours. On a aussi établi le mécanisme d'adaptation aux fortes températures qui est le halètement. Pour la race Noire de Siroua, ce dernier mécanisme d'adaptation est la transpiration. Par ailleurs, et pour maintenir la qualité de la semence fraîche du bélier Sardi et en améliorer les conditions de congélation, une solution de conservation constitué de polyphénols des extraits de spiruline et de sauge ajoutés au lait écrémé s'est avérée très efficace.

En matière de **caractérisation des fourrages**, des recherches se sont intéressées aux nombreux sous-produits de l'agriculture et de l'agro-industrie comme les rebuts, pelures et cladodes de figue de barbarie, les margines et grignons d'olives, la pulpe de betterave ensilée, les fanes de Sorgho, les résidus de maraîchage, les feuilles de figuier, et la Spiruline... La caractérisation physico-chimique de ces sous-produits a montré de nombreuses opportunités pour leur exploitation. Certaines de ces ressources ont été incorporées dans des rations alimentaires pour animaux jeunes et adultes et ayant eu des effets sur leurs performances avec évaluation de la qualité de leurs viandes.

Le développement des **cultures fourragères** a continué avec la sélection de génotypes avec des caractéristiques intéressantes tant sur le plan nutritif qu'agronomique, en particulier en ce qui concerne les tolérances à la salinité et



Race Draa



Race Noire de Siroua

à la sécheresse. Les espèces concernées sont la luzerne, le trèfle, le pois fourrager et le mélilot. On a également constitué une collection de germoplasme d'espèces fourragères endémiques appartenant aux espèces de psoralée bitumineuse, Avoine sauvage, Mélilot, Orobe, Sorgho, Sulla, Trèfle, Pois fourrager et luzerne.

Le développement de ces cultures est une nécessité pour recourir à la supplémentation alimentaire des troupeaux sur parcours. En effet, le **changement climatique** a causé beaucoup de dérèglements que les recherches récentes ont révélé des changements ont été notés au niveau des dates de transhumance de la race Noire de Siroua entre les basses altitudes et la montagne avec l'apparition de longs trajets et une contribution de la complémentation dans l'alimentation des animaux. Dans les zones de parcours de Rhamna, on a noté une utilisation importante des aliments concentrés et des céréales dans l'alimentation suite à la sécheresse que connaît la région. Dans la zone El Hadra, le couvert végétal est très dégradé avec recouvrement global de la végétation qui est de 20 à 30% en période de croissance de la végétation et une composition floristique dominée par les espèces annuelles.

Les travaux de **valorisation** ont concerné principalement le fromage de chèvre. Beaucoup de recherches se sont intéressées à la caractérisation de sa qualité hygiénique et technologique et à la détermination de ses qualités sensorielles et biochimiques, que ce soit pour les fromages fabriqués selon les savoirs locaux des zones du Nord du Maroc ou des zones oasiennes, ou bien pour ceux dont on a optimisé le procédé de fabrication. En effet, on a pu mettre au point de nouveaux produits en procédant à l'aromatisation par incorporation d'huiles essentielles des plantes aromatiques et médicinales autochtones, ou en mixant le lait de chèvre à celui des vaches. D'autres formulations se sont intéressées à l'élaboration de fromage diététique par substitution de matières grasses végétales et à la formulation de yaourt à base de dattes et de sirop de dattes.



Bilan des performances

EN échange des financements publics dans la recherche agronomique, on s'attend à des retours substantiels sous la forme de résultats reconnaissables et utiles pour la société. La mise en œuvre de la loi n°130-13 instituant de nouvelles règles d'élaboration et d'exécution du budget de l'État, repose sur trois piliers dont le «Renforcement de la performance de la gestion publique», aux côtés de la responsabilité ou la reddition des comptes au parlement, et la transparence des finances publiques. Le renforcement de la performance de la gestion publique est matérialisé par la mise en place de la programmation budgétaire triennale pour donner une meilleure visibilité aux gestionnaires, une certaine structuration qui vise l'amélioration de la gouvernance, et enfin le renforcement de la responsabilisation des gestionnaires à travers la démarche de performance : la Gestion budgétaire axée sur les résultats en substitution de la gestion axée sur les moyens. Ceci mène à ce que les établissements publics s'engagent sur un nombre restreint d'indicateurs de performance, associés à leurs objectifs, et qui peuvent informer sur l'efficacité socio-économique, l'efficience ou la qualité de service.

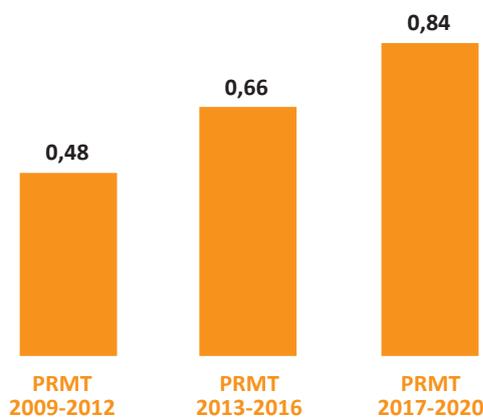
Le Département de l'agriculture est concerné par cinq programmes dont l'enseignement, la formation et recherche. Pour l'INRA, l'indicateur retenu est la publication dans les revues à comité de lecture qu'on présente sous forme de ratio avec une valeur cible 2020 qui est de **une** publication par chercheur par an. Mais il n'y a pas que l'exigence de la loi organique, la gestion axée sur la performance est un levier d'une bonne planification, d'un bon pilotage, de la motivation, de la responsabilisation et de qualité des réalisations. Pour y accéder, il y a besoin d'une meilleure connaissance des coûts, d'un système d'information de gestion financière du métier, mais surtout, il y a besoin d'une culture de mesure de la performance que l'INRA tâche de promouvoir en optant à l'auto-évaluation et à la mesure de performances.

Dans ce chapitre, nous allons focaliser notre analyse sur la production scientifique en plus d'autres indicateurs de performance qui concernent les objectifs de l'INRA et son positionnement.

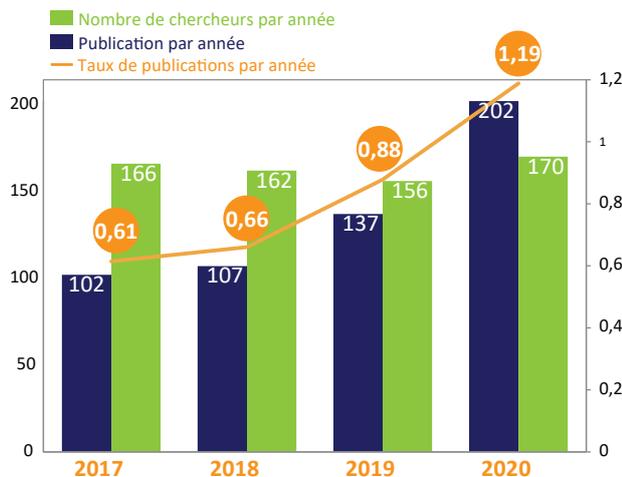
Production scientifique

Les chercheurs de l'INRA ont produit **548** articles dans les revues scientifiques à comité de lecture. Ce nombre, ramené à l'effectif des chercheurs, indique un taux moyen annuel durant la période 2017-2020 de **0,84** article par chercheur par an. Ce taux a évolué de 27% par rapport au PRMT précédent.

Cette évolution est également constatée durant les quatre années du PRMT. En effet, ce taux a évolué de 0,61 en 2017 à **1,19** en **2020**. Ceci répond à l'engagement de l'INRA d'atteindre une publication par chercheur par an lors de cette dernière année du PRMT.



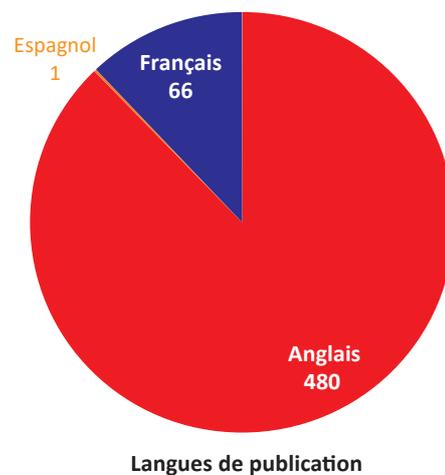
Évolution des moyennes des taux de publication à l'INRA pour les trois derniers PRMT



Évolution des moyennes des taux de publication à l'INRA pour les trois derniers PRMT

Les supports de publication sont très divers. Leur nombre a atteint 271 durant la période 2017-2020. Le tableau en dessous représente les 22 titres de revues scientifiques les plus utilisées par les chercheurs de l'INRA. Ces revues ont publié 40% des articles INRA durant les 4 dernières années. L'anglais est la langue de communication principale dans ces journaux scientifiques avec un taux d'usage de 88%. La revue Afrimed sponsorisée par l'INRA et qui a redémarré en 2020 a publié 23 articles.

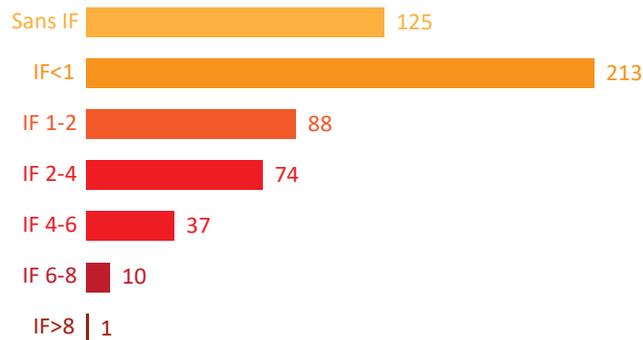
Titre de la revue	Nombre de publications
Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires	39
African & Mediterranean Agricultural Journal - Al Awamia	23
Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology	19
Journal of Materials and Environmental Sciences	18
Acta Horticulturae	16
Moroccan Journal of Agricultural Sciences	9
E3S Web of Conferences	7
Animal Reproduction Science	6
Annual Research & Review in Biology	6
European Scientific Journal	6
International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology	6
International Journal of Scientific and Engineering Research	6
Journal of Food Quality	6
Materials Today: Proceedings	6
Olivae	6
African Journal of Agricultural Research	5
Revue Marocaine de Protection des Plantes	5
Solar Energy	5
Agriculture	4
International Journal of Advanced Research	4
International Journal of Environmental Studies	4
International Journal of Fruit Science	4



Langues de publication

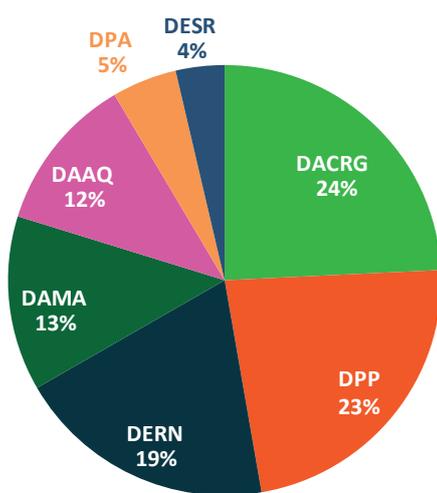
Ces revues sont indexées dans d'importantes bases de données bibliographiques, notamment Agricola Database, Chemical Abstracts, PubMed, CAB Abstracts, Web of Science, Scopus, et bien d'autres. Par exemple, 66% des articles publiés par les chercheurs INRA entre 2017 et 2020 sont indexés Scopus.

Concernant l'impact des journaux au moment de la publication, 77% des articles ont été publiés dans des revues ayant un impact factor variant entre 0,1 et 12,12.

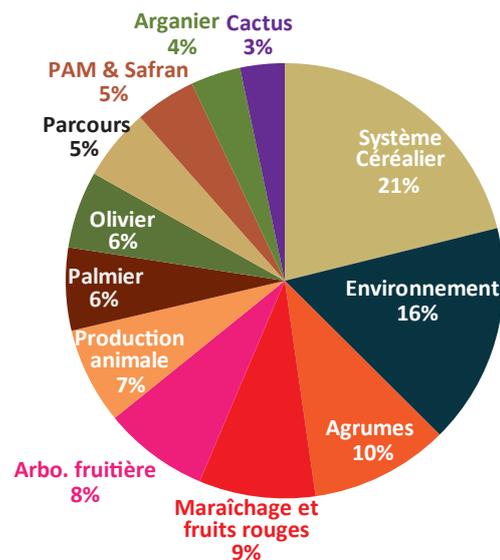


Classement des articles publiés par plage d'impact factor des revues

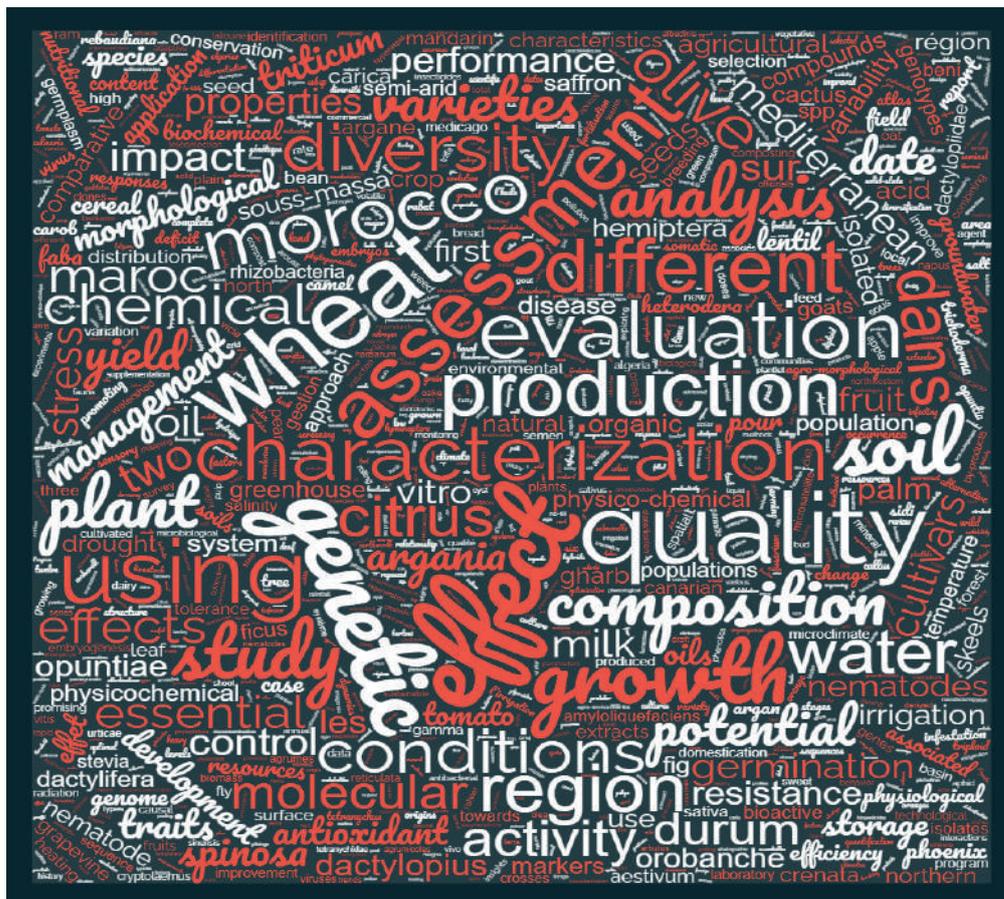
Les articles ont publié des recherches dans plusieurs disciplines rattachées aux Départements scientifiques de l'INRA. Les chercheurs du DACRG, du DPP et du DERN ont produit les 2/3 des articles publiés. En matière de domaines et filières prioritaires, les publications sur le système céréalier ont été les plus importantes, suivi de l'environnement et de la filière agrumes. Le nuage de mot clé des intitulés des articles ainsi que le typologie des publications sont donnés dans les figures ci-après.



Publication par Département scientifique

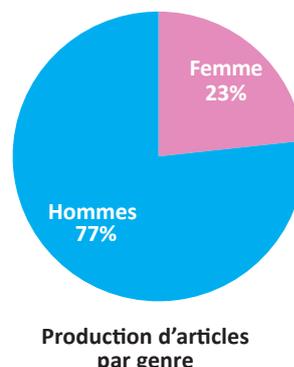
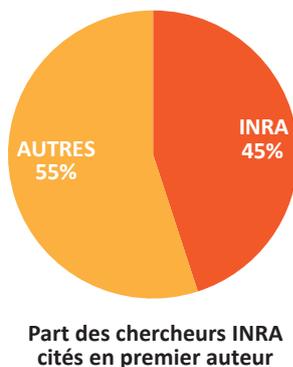
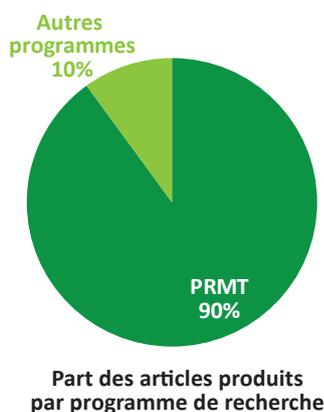


Publication par domaine et filière prioritaires

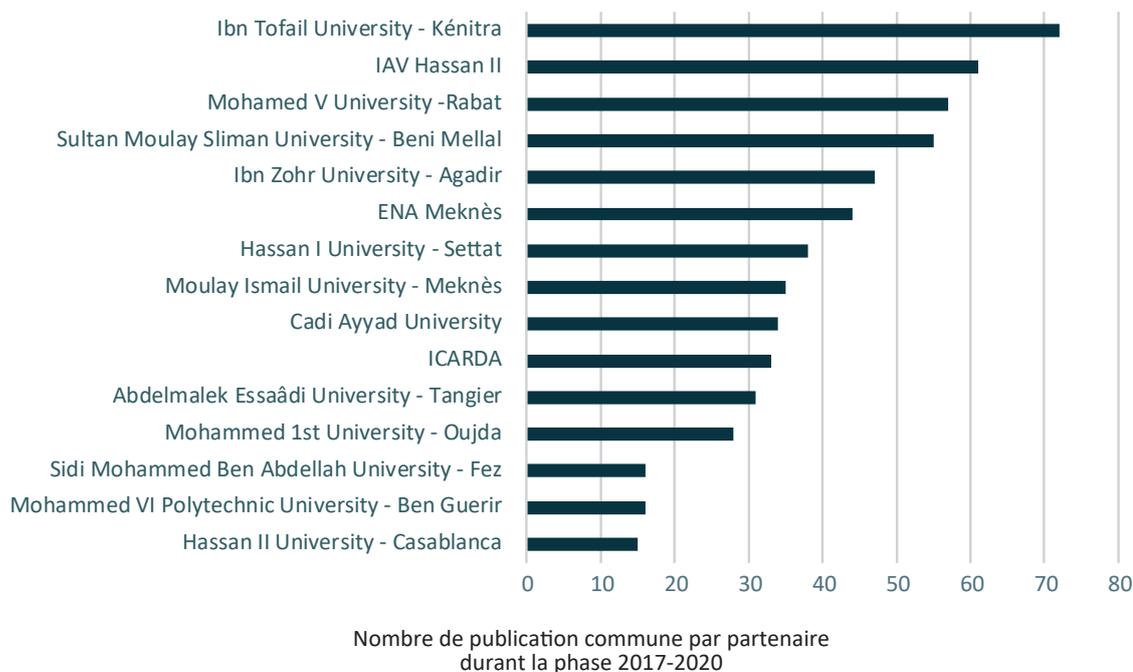


Nuage des mots clés générés de la base de donnée des publications de l'INRA entre 2017 et 2020

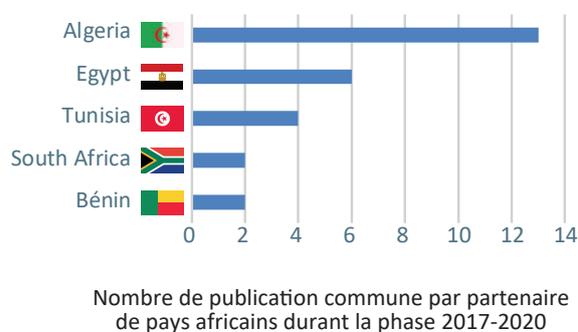
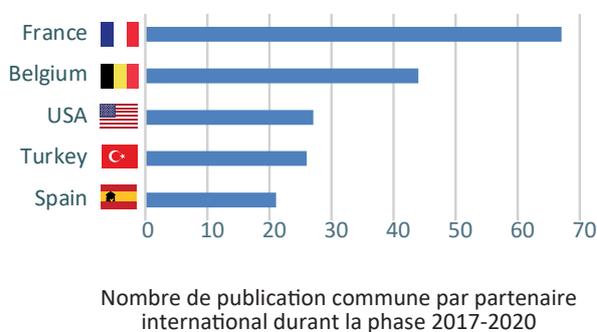
La quasi-majorité de ces articles ont publiés des travaux de recherche conduits dans le cadre du PRMT de l'INRA avec un taux de 90%, les 10% restants sont des publications de travaux de collaboration scientifique dans le cadre d'autres programmes. Les chercheurs de l'INRA ont été à 45% les premiers auteurs. Par ailleurs, et en terme de genre, 77% des publications ont été produites par des chercheurs hommes et 23% par les chercheurs femmes.



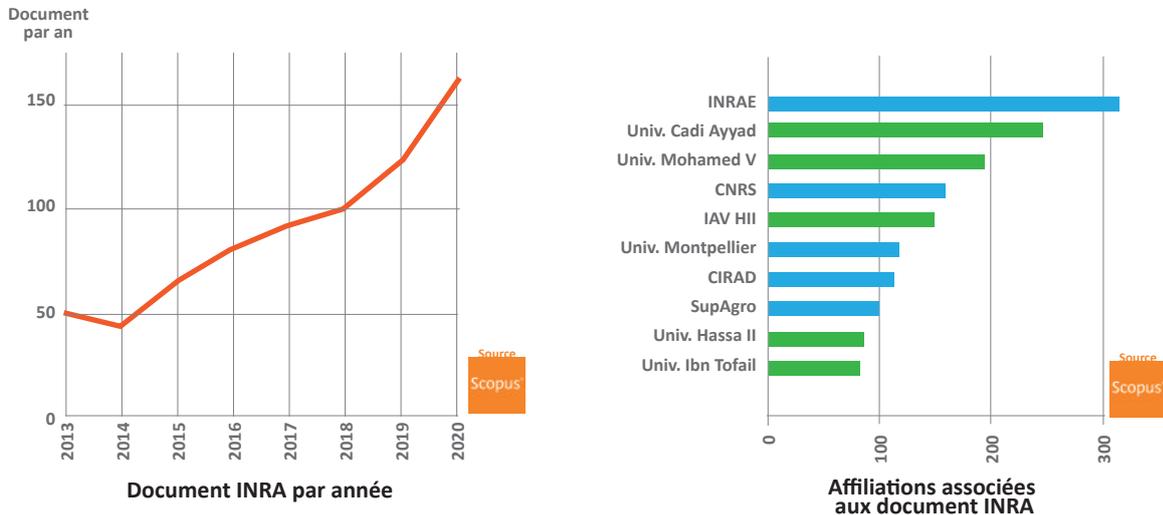
En terme de collaboration, les articles publiés indiquent que l'Université Ibn Tofail de Marrakech, l'IAV Hassan II et l'Université Mohammed V de Rabat sont les partenaires les plus engagés avec l'INRA dans la recherche. La figure suivante présente le top 15 de ces institutions.



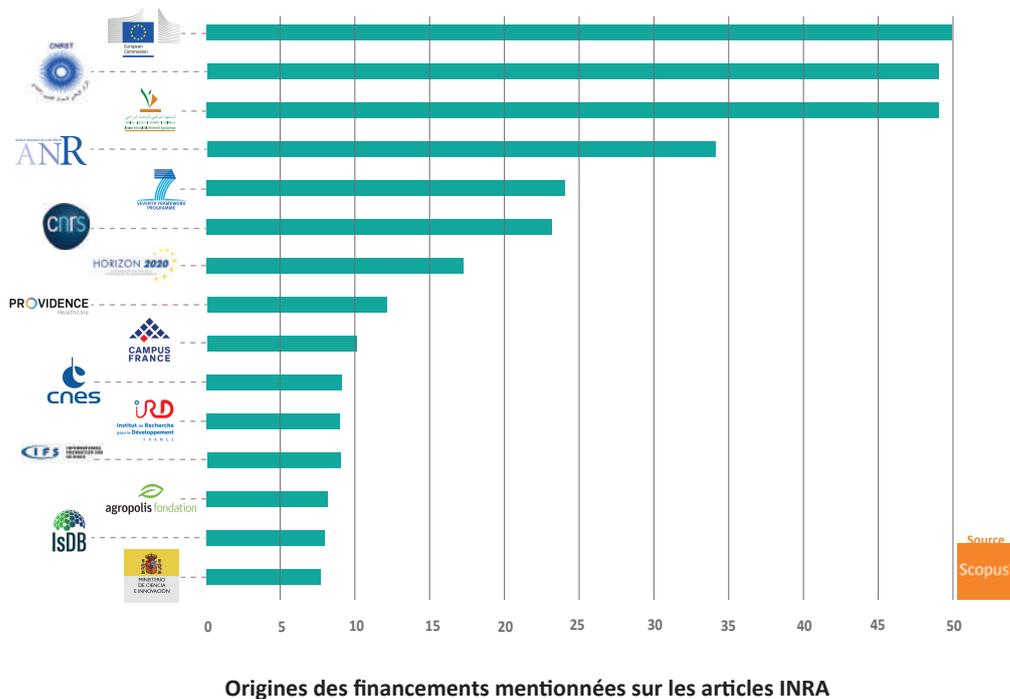
A l'échelle internationale, les articles publiés indiquent que les chercheurs de l'INRA ont collaboré avec des chercheurs de 52 pays. Le top 5 des collaborations font apparaitre quatre pays européens en plus des Etats unis. En Afrique, la collaboration a concerné 9 pays dont les trois plus important sont l'Algérie, l'Egypte et la Tunisie.



Une analyse effectuée sur Scopus confirme les conclusions de la base de donnée des publications INRA. En effet, on peut remarquer la tendance à la hausse des documents ainsi que les collaborations traduites par des affiliations des documents.



Par ailleurs, on découvre sur le top 15 des organismes qui accordent des subventions aux travaux de recherche de l'INRA indexés à Scopus que c'est la Commission Européenne qui vient en tête, suivi du CNRST, et en 3^{ème} lieu viennent les financements propres de l'INRA. Généralement, les chercheurs INRA omettent de citer l'origine du financement quand c'est propre à l'institution, mais cette figure offre une image sur les financements externes des travaux de recherche en collaboration avec l'INRA.



En plus des articles publiés dans les revues à comité de lecture, les chercheurs ont produit environ 230 communications affichées et 290 communications orales, en plus de plusieurs articles de presse. De plus l'INRA a publié pour ses chercheurs plusieurs documents dont les actes de séminaires, des fiches techniques et des ouvrages.



Couvertures de quelques documents produits par l'INRA entre 2017 et 2020

Enregistrement des variétés et leur transfert

Les variétés améliorées d'espèces végétales sont les principales technologies produites à l'INRA. Le nombre d'inscription au catalogue officiel des variétés INRA a atteint **31** variétés, une performance qui représente pratiquement le double de celle de la période 2013-2016 qui a été de 16 variétés.

Les variétés en cours d'inscription concernent aussi bien les espèces annuelles que pérennes, leur nombre atteint 29 variétés candidates dont 8 grenadiers, 9 figuiers, 10 céréales et 2 légumineuses alimentaires.

Durant cette période, huit variétés de céréales et légumineuses alimentaires ont été concédés à la SONACOS. Ce qui porte le nombre de variété concédé par l'INRA à 115 dont 105 sont exploitées par la SONACOS. Le matériel génétique de cactus et d'arganier enregistré récemment est en multiplication pour servir les programmes de développement de ces deux filières. Pour les souches de palmier dattier, on a livré plus de 20 mille souches aux laboratoires de multiplication durant la période 2017-2020 pour atteindre plus de 150 mille depuis 2009.

Variétés inscrites au catalogue officiel entre 2017 et 2020

Espèce	Nom ou code	Année d'inscription au Catalogue	Concession et exploitant
Blé tendre	Snina	2017	Sonacos, 2020
	Lina 'INRA CCBT144'	2020	
Blé dur	Hammadi	2017	Sonacos, 2020
	Nachit	2018	
Orge	Khната	2017	Sonacos, 2020
	Ksiba	2017	
Avoine	Al Fawze	2017	
	Abtah	2017	
Fève	Hiba 'FH 1031'	2018	
Féverole	Zina 'Fv 705'	2018	
Lentille	Extra	2019	Sonacos, 2020
	Jemât Shaim	2019	
Pois chiche	Bouchra	2017	
	Flip97-677C	2019	
Colza	Alia	2017	
	Baraka	2018	
Agrumes	Mabrouka	2017	
Cactus	Marjana	2017	
	Belara	2017	
	Karama	2017	
	Ghalia	2017	
	Angad	2017	
	Cherratia	2017	
	Melk Zhar	2017	
Arganier	Aakria	2017	
	INRA-ARGAN-04	2018	
	INRA-ARGAN-05	2018	
	INRA-ARGAN-06	2018	
	INRA-ARGAN-07	2018	
	INRA-ARGAN-09	2018	
INRA-ARGAN-10	2018		

Diffusion des technologies

L'INRA a poursuivi ses efforts de diffusion des technologies à travers une quarantaine de plateformes de démonstration au niveau des différentes régions du Royaume. De plus, une quarantaine de sessions de formation ont profité à plus de 1000 agriculteurs et conseillers agricoles. Les principales technologies concernées par ces actions sont : les nouvelles variétés de grandes cultures et d'arbres fruitiers, le semis direct, l'irrigation déficitaire, les bonnes pratiques culturales la protection des cultures, les associations variétés/portes greffe des agrumes, l'engraissement des animaux, la valorisation des plantes aromatiques et médicinales...

Ces efforts de vulgarisation et d'encadrement des agriculteurs ont été concrétisés par plusieurs réalisations telle que la construction d'une unité de valorisation des plantes aromatiques et médicinales dans la province de Chtouka Ait Baha, la création d'un centre de valorisation et de production des semences fermières des légumineuses alimentaires dans la région de Fes-Meknès, la mise en place d'une unité de fabrication d'aliments à base de sous-produits d'arganier dans la région Souss-Massa. En ce qui concerne les plateformes de démonstration, une étude menée dans la région des Chaouia sur les légumineuses a montré un taux d'adoption des technologies par les agriculteurs cibles de 70 et 100%.



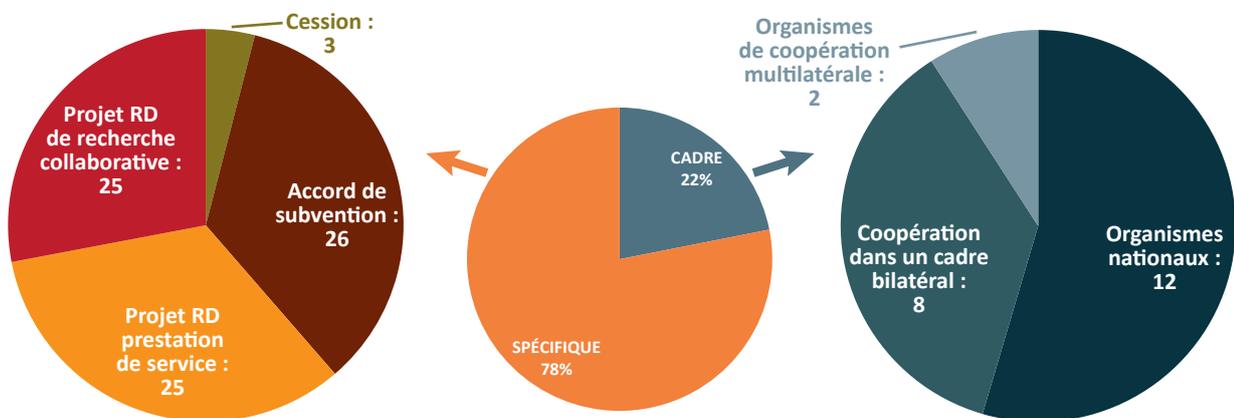
Analyse du partenariat

L'INRA a passé 112 conventions en 4 ans dont **96** conventions concernent les collaborations dans les domaines scientifiques de la recherche et développement qui relèvent des périmètres disciplinaires de l'INRA.

Parmi ces conventions, 21 accords-cadres ont été signés pour définir les domaines de collaboration et les modalités de leur exécution. 12 accords cadre ont été passés avec des partenaires nationaux dont quatre universités publiques et privés. À l'international, ces accords ont concerné principalement des Centres de recherche d'Australie, France, Hongrie et Chine.

Les conventions spécifiques passées par l'INRA durant les quatre années ont atteint 75 accords dont 3 qui ont concerné la cession de matériel génétique pour multiplication. Les 72 autres accords ont concerné des projets de recherche et développement répartis en projets collaboratif, subvention et en projets de prestation.

Pour les accords de projets qui ont reçu des **subventions**, neuf ont reçu un financement national dont cinq projets financés à travers le mécanisme compétitif de recherche développement vulgarisation et quinze ont reçu un financement étranger dont sept sont des projets PRIMA. Le nuage de mots clé concernant ces conventions ressort une priorité donnée aux thématiques telles que l'amélioration génétique, l'olivier, la protection des plantes, l'agriculture de conservation, etc.

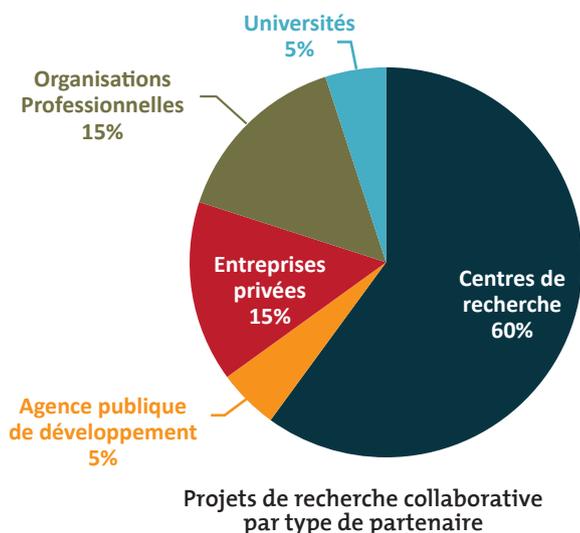


Typologie des 96 accords passés par l'INRA durant la période 2017-2020



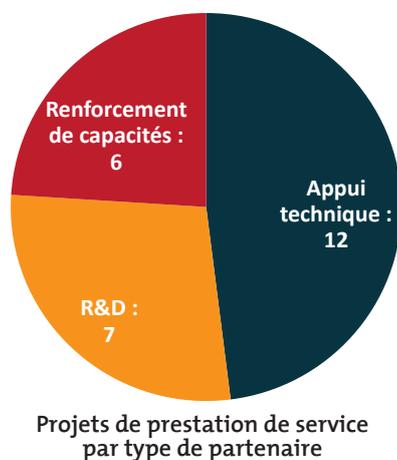
Nuage des mots clés des accords de subventions

Concernant les projets de recherche collaborative, 12 conventions ont eu comme partie des centres de recherche dont l'ICARDA qui est présente dans 5 projets. A noter aussi que trois conventions ont été signées avec des entreprises privées dont une startup. Le nuage de mots clé concernant ces conventions ressort une multitude de thématiques qui concernent la fertilisation en arboriculture, l'agriculture de précision, l'amélioration génétique, etc.



Nuage des mots clés des accords de recherche collaborative

Environ la moitié des projets de prestation de service ont concerné l'appui technique dans l'élaboration de projets de développement ou d'aménagement ou une expertise. Le reste des prestations ont été des projets de recherche et développement pour trouver des solutions technique au profit de partenaires publics et privés et des projets de renforcement de capacité dans le cadre de programmes de développement. Le nuage de mots clé concernant ces conventions ressort une multitude de thématiques qui concernent la production de semences et plants, les projets générateurs de revenus, les analyses sensorielles, etc.



Nuage des mots clés des accords de prestation de service

Rayonnement de l'INRA

Relance de la revue Al Awamia : Après avoir vécu des difficultés de régularité, la revue Al-Awamia s'est éclipsée de la scène de l'édition scientifique après 50 ans d'existence. Cette revue, qui est décrite par les anciens comme une fierté nationale, a continué de semer l'enthousiasme à l'INRA pour réussir de nouveau le projet de l'édition scientifique. C'est dans ce contexte, qu'un comité a été constitué pour monter le projet : African & Mediterranean Agricultural Journal - Al Awamia. Ainsi, un comité de rédaction a été constitué et un site web qui lui est dédié a été mis en ligne. Le premier numéro a été lancé en 2020.



Adoption d'une charte d'éthique et d'intégrité scientifique : Cette charte est basée sur cinq principes qui véhiculent les valeurs de l'exercice de la recherche à savoir la fiabilité, la responsabilité, l'honnêteté, le respect et l'éthique. Cette charte a été affichée dans l'ensemble des locaux techniques et administratif de l'INRA et un comité chargé de son pilotage a été constitué.

Organisation de congrès internationaux : L'INRA a organisé quatre événements internationaux qui sont le symposium international sur les nématodes des céréales (Agadir-2017), la conférence internationale sur l'agriculture biologique (Marrakech-2019), le séminaire international sur la cryoconservation des ressources génétiques animales (Rabat et Béni Mellal-2020) et l'atelier international sur Xylella au Maroc (Meknès et Marrakech-2020). L'INRA a également co-organisé la conférence internationale sur les légumineuses alimentaires (Marrakech 2018) et la Conférence africaine sur l'agriculture de précision (Kénitra 2020). Par ailleurs, plusieurs séminaires et conférences nationales ont été organisés dans les différents Centres régionaux de l'INRA

Élection/nomination des chercheurs INRA dans des instances internationales : Les chercheurs INRA ont pu acquérir des représentations nationales et régionales et également intégrer des instances internationales : Sociétaire d'ISOFAR, Vice président de WASWAC, GSP NENA Regional chairman, NENALAB regional chairman, membre du copil du programme AHEAD, TIRPAA National Focal Point.

Prix et distinctions : Les chercheurs INRA ont reçu pendant cette période de prestigieuses distinctions à l'image du Prix Khalifa 2020, Deux prix Hassan II pour l'invention et la recherche dans le domaine agricole en 2019 et un en 2017.



Analyse générale et perspectives

PERSPECTIVES SCIENTIFIQUES

DE nombreux défis inter-reliés impactent les besoins et les priorités de l'agriculture nationale. Les questions du changement climatique, de la sécurité alimentaire et énergétique, de la durabilité environnementale et économique sont au centre des préoccupations qui interpellent aussi bien les décideurs que les scientifiques pour trouver des solutions et les intégrer dans les stratégies de développement.

La réflexion sur les perspectives de la recherche à l'INRA pour la future phase a coïncidé avec le lancement de Génération Green 2020-2030, la nouvelle stratégie de développement agricole pour les futures 10 années ; Ces perspectives doivent constituer une déclinaison de cette stratégie en lui fournissant les outils d'aide à la décision d'une part, et des solutions à intégrer dans les programmes de développement, d'autre part.

Ce chapitre s'articule autour de cinq thématiques qui inspireront le futur PRMT de l'INRA, et de façon générale, la recherche agricole nationale.

Conservation et développement des ressources génétiques

Conservation des ressources phyto-génétiques

Le Maroc est l'un des pays du pourtour méditerranéen les plus riches en termes de ressources génétiques d'intérêt agronomique et alimentaire. Cette richesse est due essentiellement aux flux directs, à travers les temps géologiques, d'espèces de l'Europe en général et de la Méditerranée en particulier. Toutefois, ces ressources génétiques sont menacées par la surexploitation, la destruction et la fragmentation des habitats, l'introduction d'espèces envahissantes et les pollutions. Face à cet enjeu, l'INRA est mandaté par les pouvoirs publics à préserver et à utiliser durablement les ressources génétiques pour l'alimentation et l'agriculture. Ainsi, depuis plusieurs années, l'INRA a entrepris des missions de prospection et de collecte ayant pour principal objectif la conservation ex-situ du matériel génétique en vue de son utilisation dans les programmes d'amélioration génétique des espèces d'intérêt. De plus, l'INRA a lancé, en juillet 2020, les travaux de construction du nouveau Centre National des Ressources Génétiques (CNRG). La mission principale du CNRG est la gestion des ressources phytogénétiques, des ressources génétiques animales et des micro-organismes et ce à travers leur inventaire, caractérisation, conservation, régénération, utilisation et diffusion afin de sauvegarder la biodiversité des espèces et des races pour garantir leur disponibilité et d'éviter leur disparition ou érosion. Ce nouveau Centre, qui aura une capacité de stockage de 200 mille accessions, permettra de conserver une copie des accessions existantes et de s'enrichir par de nouvelles acquisitions. Les efforts consentis par l'INRA sont appelés à être soutenus pour le renforcement des programmes de conservation.

Conservation et développement des ressources génétiques animales

Afin de contribuer à la dynamique de conservation des ressources génétiques animales, l'INRA a depuis des années entrepris des études d'amélioration, de caractérisation des races/espèces d'intérêt pour l'élevage marocain. Aujourd'hui, l'implication de l'INRA est de plus en plus souhaitée suite à la maîtrise des technologies de pointes pour la conservation ex situ. Ainsi, et pour pouvoir approcher différentes espèces dans un contexte changeant, la caractérisation des systèmes d'élevages et des espèces domestiques et d'intérêt économique et leur résilience face au changement climatique s'avère importante pour assurer et garantir leur conservation et valorisation à travers la modernisation des programmes d'élevage en matière de gestion de la reproduction et de l'alimentation.

Conservation et valorisation des microorganismes

La production agricole dépend fortement de la biodiversité des microorganismes. Les principaux micro-organismes utiles pour l'agriculture sont (i) les micro-organismes du sol impliqués dans la promotion de la croissance des plantes et du cycle des nutriments ; (ii) les agents de lutte biologique ; (iii) les agents pathogènes des plantes et des animaux d'élevage (iv) les bactéries du rumen ; et (v) les micro-organismes utilisés dans les processus agro-industriels et dans les produits fermentés traditionnels.

Les collections microbiennes sont de ce fait, précieuses, à la fois pour conserver les ressources génétiques et la biodiversité et pour fournir le fondement essentiel des industries biotechnologiques émergentes.

Le projet du Centre National des Ressources Génétiques, en cours de construction, abritera des collections de microorganismes. Ce serait une opportunité supplémentaire pour le paysage de recherche agricole nationale pour soutenir l'effort d'exploration de cet univers et de son exploitation dans les innovations agricoles.

Développement des Schémas et technologies de sélection modernes pour les espèces végétales

La sélection de cultivars résistants et performants est la méthode la plus respectueuse de l'environnement et la plus durable pour augmenter les rendements des cultures. Cependant, dans de nombreux cas, le manque de source de résistance dans le pool génétique accessible limite la portée de la sélection. Ainsi, l'intégration des technologies innovantes (Nouvelle génération de séquençage NGS, Transcriptomique, Métagénomique, Genome editing, interférence RNA, bioinformatique) doit figurer comme axe prioritaire pour atteindre rapidement les objectifs de sélection, et par la suite, la souveraineté alimentaire. Actuellement, les recherches en amélioration génétique sont axées sur le développement des variétés résistantes à la sécheresse, aux hautes températures et sur l'amélioration de l'efficacité de l'utilisation des intrants (eau, fertilisants, etc.).

Généralement, les programmes de développement des nouvelles ressources génétiques s'appuient sur les différentes méthodes de sélection comme : pédi-gree, bulk, bulk modifiée, Single Seed Descent (SSD), et croisement en retour

Désormais, il faut accorder plus d'importance au croisement initial car il est crucial et détermine la variabilité génétique qui sera créée pour les prochaines étapes de sélection, notamment les critères recherchés. Pour améliorer la sélection, les programmes doivent s'appuyer sur les nouvelles technologies de phénotypage, de génotypage, des techniques de speed breeding à grand échelle, des techniques de sélection assistée par marqueurs, l'utilisation des haploïdes doubles, la technique de la culture in-vitro, la mutation dirigée comme le Targeting Induced Local Lesions in Genomes (TILLING), édition génomique, etc. Également, pour une meilleure efficacité de sélection, les améliorateurs doivent intégrer des méthodes non destructives comme l'analyse d'imagerie, les drones, les techniques de Near Infra Red (NIR)... dans leurs programmes de sélection. Finalement et pour permettre une meilleure adoption des nouvelles ressources génétiques, les améliorateurs doivent associer la profession dans l'évaluation de chaque nouveau matériel génétique.

Les méthodes conventionnelles de sélection sont très efficaces avec l'utilisation de l'hybridation, le rétrocroisement et la mutagenèse. Cependant, dans de nombreux cas, la complexité des génomes ou l'inexistence des informations concernant les mécanismes d'action, l'instabilité des conditions climatiques et le manque de source d'intérêts dans le pool génétique accessible, limitent la portée de la sélection des cultivars performants. Ainsi, l'intégration de la génomique et la transcriptomique via l'utilisation de la nouvelle génération de séquençage (NGS) dans l'amélioration génétique, est impérative pour atteindre de manière rapide les objectifs de la sélection assistée par marqueurs des génotypes améliorés et par la suite parvenir à réaliser la souveraineté alimentaire. La combinaison de la MAS devrait permettre un transfert efficace des gènes à effet majeur et de leurs interactions dans les principales cultures céréalières et oléagineuses. La technologie de l'édition génomique, seule ou combinée avec d'autres biotechnologies sera bénéfique pour la sélection car elle permettrait des améliorations qui ne sont pas possible par d'autres méthodes et serait relativement plus rapide que les croisements conventionnels.

Agriculture Résiliente et Eco-efficente

Le développement de l'agriculture marocaine est confronté à la rareté des ressources naturelles dans un contexte de changements globaux qui accentuent leur dégradation et la perte de leur biodiversité. En effet, plus de 12,5 millions d'hectares des sols sont menacés par la dégradation et plusieurs régions agricoles souffrent d'une pénurie aiguë des ressources en eau. Cette situation a été amplifiée suite l'adoption des pratiques de l'agriculture intensive qui favorisent l'érosion des sols et mettent en péril la durabilité des systèmes de production. Par conséquent, le futur de l'agriculture marocaine nécessite de promouvoir des bonnes pratiques qui vont soutenir la résilience des systèmes de production et assurer la transformation de l'agriculture marocaine vers un modèle durable écologiquement, économiquement et socialement. Pour ce, plusieurs voies se dessinent pour les programmes de recherche :

D'abord, la Surveillance de l'état des ressources en eau, en sols arables, des espaces sylvo-pastoraux et des forêts s'avère importante pour une observation plus approfondie et une éventuelle intervention. Ces mêmes outils permettront de suivre l'impact de la conservation et de la réhabilitation des ressources, et l'efficacité des efforts d'atténuation et de réhabilitation.

La conservation du sol comme composante fondamentale de la sécurité alimentaire appelle à concevoir des pratiques agricoles de façon à favoriser le maintien et la reconstruction de la santé du sol, en particulier de la matière organique et des micro-organismes telluriques qui améliorent la structure du sol et la disponibilité des nutriments pour la croissance des plantes. Accompagner la transition écologique de l'agriculture marocaine vers des systèmes alimentaires territorialisés et durables deviendra une nécessité à l'horizon 2030. L'agroécologie, qui est une approche systémique, doit dorénavant fournir les principales orientations à la recherche agronomique. Les barrières au recours à des techniques telles que le semis direct et l'agroforesterie doivent être identifiées et soulevées, la biodiversité doit être favorisée et mise au service de la pratique agricole, et les capacités de résilience et d'adaptation des communautés face au changement climatique doivent être soutenues et démultipliées.

L'agriculture économe en eau est un concept dans lequel les précipitations et les ressources en eau disponibles seront utilisées en adoptant un certain nombre de mesures qui vont assurer la disponibilité de la ressource pour les cultures et l'efficacité de son utilisation. Des techniques comme l'irrigation d'appoint, l'irrigation déficitaire contrôlée ou régulée, et l'irrigation par dessèchement partiel des racines peuvent jouer un rôle clé dans la production agricole. Des régimes d'irrigation selon ces techniques reposeraient sur des politiques de gestion rationnelle de l'eau, des évaluations économiques et des études agronomiques. Les innovations technologiques en irrigation peuvent augmenter spectaculairement l'efficacité d'utilisation de l'eau par les cultures. L'agriculture de précision basée sur les sondes au champ, tout comme les systèmes d'irrigation à basse pression, la nano-irrigation, et l'utilisation des hydrogels, des nanoclays... Tant d'innovations à promouvoir pour espérer faire face aux situations futures de rareté à des échelles plus ou moins importantes. En outre, des études pour identifier la portée des pratiques d'économie d'eau s'imposent. Le défi est de savoir comment incorporer des technologies et des approches de gestion innovantes dans la prise de décision chez les agriculteurs et l'élaboration de politiques de gestion de l'eau à long terme chez les décideurs.

L'économie en intrants ne concerne pas uniquement l'eau, il faut promouvoir l'utilisation rationnelle des engrais en approfondissant les connaissances autour des 4 R et mettre au point des amendements à haute efficacité et multifonctionnels pouvant contenir des oligo-éléments, des microorganismes utiles de la matière organique... et de développer des engrais enrobés à libération lente qui vont connaître incontestablement des évolutions majeures avec l'application de matériaux polymères hydrophiles comme support à libération contrôlée et les applications de la nanotechnologie qui apporteront sans doute plus d'efficacité à la fertilisation.

La biomasse, dérivée des déchets agricoles, forestiers, industriels et urbains, représente une mine inépuisable de produits innovateurs par le développement des technologies de recyclage. Deux voies de valorisation de ces déchets organiques sont possibles, à savoir la production de l'énergie par méthanisation et/ou pyrolyse, et des amendements organiques par compostage tout en garantissant l'élimination d'une source de pollution potentielle et la création d'emploi aux jeunes dans le monde rural.

La recherche agronomique doit œuvrer pour le développement des utilisations efficaces des énergies en agriculture. Le secteur agricole se prête naturellement aux initiatives concernant l'énergie verte. En plus du solaire, le Biogaz produit dans les digesteurs anaérobiques par la dégradation de matières organiques semble opportun pour certains types d'exploitations.

L'environnement sous serre est une mine pour la recherche agronomique pour reproduire les exigences en température et en hygrométrie de certaines cultures, voire en accélérer le cycle à travers le contrôle de la luminosité et du gaz carbonique ambiant. En plus, la protection des cultures contre les ravageurs dont l'efficacité se voit augmenter par l'utilisation de prédateurs, parasitoïdes, plats pièges et plantes banques. L'efficacité de la serriculture dépend du degré de développement de l'ensemble des technologies utilisées à commencer par la structure de l'abri et la constitution du matériau utilisé qui le compose, jusqu'aux différents degrés d'adaptation des paramètres de l'environnement de la serre et des sources.

Sécurité sanitaire et qualité des aliments

L'agriculture marocaine évolue dans un environnement de plus en plus exigeant, compétitif et mondialisé. Cette situation interpelle la recherche pour soutenir ce secteur appelé à produire plus tout en améliorant la sécurité sanitaire des produits alimentaires et leur valeur, que ce soit sur le plan nutritionnel ou sur d'autres plans en relation avec la transformation, l'indication ou la certification.

Optimiser la protection des cultures

De nos jours, le changement climatique et l'utilisation excessive de pesticides chimiques a conduit à un cycle de plus en plus court des ravageurs et la pullulation de leurs types. En outre, la diffusion transfrontière des ravageurs des cultures et des maladies d'élevages constitue des menaces qui pèsent sur la sécurité alimentaire du pays et son développement économique. Pour pallier cette situation, il est particulièrement avantageux de développer des systèmes de gestion préventive par le développement de modèles épidémiologiques capables de mieux analyser et prédire les risques et la mise au point de systèmes d'alerte pour renforcer les capacités de l'intervention rapide.

Selon le concept « One health », la santé des humains est intimement liée à celle des animaux et à l'environnement. Il met en évidence l'importance de la coordination d'experts de divers secteurs, notamment la santé humaine, la santé animale, la santé des végétaux et l'environnement, pour apporter des réponses adaptées aux risques sanitaires communs.

Par ailleurs, il faut développer des méthodes de lutte alternatives et intégrées contre les agents pathogènes des cultures et des élevages, y compris pour le mode biologique. La tendance mondiale se dirige vers le développement d'une agriculture écologique qui utilise peu d'intrants de synthèse et qui donne la priorité aux éléments naturels pour la gestion agricole. La protection des plantes est basée en premier lieu sur les pratiques favorisant l'utilisation de la biodiversité dans la régulation des principaux ennemis des cultures, et en second lieu, sur le respect des seuils de tolérance.

Développer des solutions pour l'adoption de l'agriculture biologique

L'importance de l'agriculture biologique réside dans les diverses opportunités qu'elle offre pour le développement durable de l'agriculture au Maroc ainsi que son impact positif sur la santé publique. La nouvelle stratégie Génération Green 2020-2030 et pour l'horizon 2030 prévoit des superficies en cultures biologiques de l'ordre de 100.000 ha et 500.000 ha de collecte naturelle. La recherche agronomique est appelée à multiplier ses efforts pour accompagner cet objectif en développant des solutions adaptées à chaque problématique auxquelles se heurte ce mode de conduite à commencer par la semence bio, en passant par la nutrition et la lutte biologique et toutes les techniques de post-récolte jusqu'aux approches de l'adoption.

Améliorer la qualité hygiénique et commerciale des produits agricoles

À travers ses plateformes spécialisées en caractérisation et valorisation des denrées alimentaires, l'INRA projette un programme de recherche structuré autour de deux composantes : (i) Renforcement de la qualité et amélioration de la compétitivité des produits transformés ; (ii) Innovation technologique.

La stratégie de l'INRA vise l'accompagnement de l'offre du Maroc en terme de potentiel de valorisation technologique de la production agricole par la proposition des voies de transformation, de conservation, de diversification et d'industrialisation des produits agricoles afin d'augmenter les investissements dans le secteur agroalimentaire. Plusieurs filières seront objet de recherches dont les céréales, les légumineuses alimentaires, l'olivier, le palmier dattier, les agrumes, l'arboriculture fruitière (figuier, grenadier et caroubier), les fruits rouges, l'arganier, et le cactus. Ainsi, l'intervention de l'INRA sera articulée principalement sur deux dimensions :

Le renforcement de la qualité, de la normalisation et du contrôle par (i) la mise à jour des banques de données sur les caractéristiques chimiques et organoleptiques des produits phares de notre pays ; (ii) la caractérisation des sites et des produits à notoriété dans l'objectif des futures reconnaissances ; (iii) la contribution à la mise en place des jurys régionaux de dégustation - cas de l'huile d'olive dans les principales régions oléicoles (sélection et formation) ; (iv) l'identification et la protection des savoir-faire technologiques ; et (i) L'amélioration de la qualité hygiénique des produits agricoles à travers le développement des procédés conservateurs.

L'innovation technologique et conservation améliorée des produits à travers :

- (i) L'amélioration des paramètres de conservation et du stockage est une voie que la recherche agronomique doit emprunter pour renforcer l'évaluation des facteurs de risques chimiques et microbiologiques liés à la conservation ;
- (ii) Le repérage des molécules d'intérêt nutritionnel et technologique via des méthodes eco-friendly et leur application dans des produits alimentaires pour créer la valeur et contribuer ainsi au développement durable des filières ;
- (iii) La valorisation des écarts de triage, des sous-produits et des fruits de faible valeur marchande pour l'élaboration des additifs alimentaires naturels ou cosmétiques (épaississants, gélifiants ou colorants) : cas des dattes, cactus, etc. ; et
- (iv) Le développement de prototypes et des procédés adaptés aux petits agriculteurs/P-M unités de valorisation pour favoriser la transition vers une classe agricole moyenne.

Agriculture digitale

La nouvelle stratégie Génération Green 2020-2030 vise à surmonter les difficultés de la gestion de l'espace agricole très diversifié, offrant ainsi une vraie opportunité de solutions précises, efficaces et largement applicables à l'échelle de la parcelle ainsi qu'à grande échelle. Pour pouvoir assurer l'optimisation des interventions agricoles et une mise en œuvre des stratégies, la compréhension des changements et le suivi de l'espace agricole à travers les outils digitaux s'avère une nécessité à l'heure où leur développement et utilisation est en nette augmentation.

Développer le big data et les réseaux virtuels pour les services agricoles

Le développement de Big data et des réseaux virtuels auront des retombées positives sur le développement agricole et la durabilité des ressources naturelles. La recherche agronomique est appelée à appuyer toute initiative pour promouvoir la pleine pénétration et l'utilisation généralisée des technologies de l'information technique et commerciale dans l'agriculture et dans les zones rurales.

Développer des solutions digitales pour la gestion des ressources agricoles et l'aide à la décision

En offrant des outils d'appui fiables permettant d'évaluer les potentiels de production, les risques agricoles et la prise de décision pour la planification et la priorisation, nous projettons d'optimiser la gestion de l'espace agricole à différentes échelles spatio-temporelles pour répondre aux impératifs de développement socio-économique et de préservation de l'environnement et assurer la durabilité des ressources naturelles.

Développer l'agriculture de précision pour un pilotage efficient des opérations agricoles

L'agriculture de précision couvre un domaine de recherche qui vise l'optimisation des systèmes de production agricole à la fois dans le temps et dans l'espace. Les outils de l'agriculture digitale permettent de quantifier la variabilité spatiale et temporelle des sols, du stress biotique et abiotique des plantes et la

surveillance et l'évaluation des dégâts des insectes ravageurs. Aussi, les techniques de l'agriculture de précision permettent de moduler et contrôler les doses des intrants (fertilisants, eau d'irrigation, pesticides) et améliorer l'efficacité de l'utilisation de l'eau d'irrigation en vue d'améliorer les performances des cultures et la qualité de l'environnement. En effet, l'utilisation des technologies de l'information permet de prendre des décisions optimales sur le terrain en temps réel, et ce grâce aux informations collectées de géolocalisation et ce à travers les capteurs électroniques de mesure de l'état du sol et du couvert végétal.

L'agriculture de précision a tout le potentiel pour changer considérablement les approches de l'agriculture conventionnelle largement pratiquée au Maroc. Pour ce faire, l'INRA devrait jouer un rôle précurseur pour promouvoir l'adoption des nouvelles technologies de l'agriculture de précision.

Socio-économie

Les études socio-économiques conservent toute leur importance pour la future phase de recherche, l'analyse des chaînes de valeur des principales filières agricoles est un concept porteur pour le futur. Ce volet vise à dresser un portrait descriptif et analytique critique en prenant en considération les aspects environnementaux.

Les aspects d'organisation telle que l'agrégation, l'intégration des marchés et la transmission des prix de produits agricoles sont des aspects importants à analyser. Les aspects liés à la gestion et l'exploitation des ressources naturelles, comme les pâturages et l'eau, et ceux en relation avec les politiques publiques et l'efficacité énergétique sont également importants compte tenu du contexte actuel marqué par le changement climatique.

PERSPECTIVES MANAGÉRIALES

Afin d'améliorer la gestion et la gouvernance de l'INRA, des Taskforces thématiques ont été constituées pour concevoir un système de management innovant et garantir une performance durable. L'objet de ces taskforces est d'intégrer des groupes de travail, compte tenu de leur expérience, pour être consultés sur les carences qui peuvent entraver la bonne marche de certaines opérations de l'INRA et de soumettre des propositions d'actions et des mesures concrètes, à court et moyen terme, pour instruction et validation, aux instances formelles du dispositif institutionnel. La mise en œuvre de ces recommandations et de ces actions par les structures concernées, sera observée et suivie par les Taskforces pour fournir tout appui, orientation ou corrections nécessaires.

Ainsi, de grands chantiers ont été initiés et achevés, d'autres sont en cours, alors que d'autres se profilent à l'horizon. Dans ce qui suit, l'accent sera mis sur les thématiques prioritaires en lien avec le transfert de technologie, la promotion de la recherche scientifique et le renforcement des capacités institutionnelles de l'INRA.

Transfert de technologie et communication :

Pour améliorer la diffusion et le transfert des connaissances et des technologies auprès des opérateurs, l'INRA compte organiser son action en quatre axes :

Améliorer la visibilité sur les technologies agricoles :

Les plateformes de démonstration, qu'elles soient installées dans domaines expérimentaux ou chez les agriculteurs, sont des outils importants de vulgarisation des meilleures pratiques agricoles qui permettent à la fois de valider les essais par les professionnels et d'interagir sur les modalités d'adoption. Dans le proche avenir, l'INRA accentuera sa communication sur les nouvelles variétés par la démonstration de celles enregistrées au catalogue officiel et en impliquant davantage les multiplicateurs des semences dans le processus de sélection. En outre, l'INRA serait amené à produire davantage de semences de pré-base pour couvrir le besoin des sociétés semencières. L'objectif à moyen terme serait de couvrir 50% des besoins en semences utilisées au Maroc par des variétés nationales sélectionnées par l'INRA. Par ailleurs, l'adoption à grande échelle du système de semis direct requiert de l'INRA un engagement concret dans la promotion de toutes les technologies qui y afférentes. Des plateformes de démonstration, mais aussi des écoles au champs, sont prévues dans les plans d'actions des services de recherche-développement des régions concernées par le programme national de semis direct qui a pour objectif d'atteindre 1 million ha à l'horizon 2030.

Opter pour des systèmes d'innovation agricoles :

L'INRA compte développer cinq living labs, impliquant plusieurs acteurs publics et privés dans la conception, la création, l'adaptation et l'utilisation des connaissances qui concernent les systèmes agricoles dans une perspective territoriale. Ces living labs concernent (i) l'agriculture de montagne (ii) l'aridoculture (iii) l'agriculture oasienne (iv) l'agriculture biologique et (v) l'agriculture digitale. Ces plateformes d'innovation ouvertes offriront l'opportunité d'accélérer l'obtention de solutions finalisées au profit de toutes les parties prenantes impliquées et les programmes de la stratégie génération green 2020-2030. On peut citer à titre d'exemple, la valorisation des terres collectives, situées généralement dans des zones fragiles, qui peuvent être gérées en systèmes eco-efficients comme le semis direct et l'agroforesterie, ainsi que l'installation des cultures rustiques comme le cactus et le caroubier.

Par ailleurs, l'INRA reste attaché au développement des Centres d'innovation au sein des agropoles pour fournir une assistance directe aux professionnels dans la production, la transformation et la commercialisation des produits. Cet environnement inclusif de plusieurs acteurs public et privé serait en mesure d'identifier les besoins en matière d'innovation technologique, de reconnaître les tendances sectorielles futures et d'œuvrer à la valorisation des résultats de recherche et développement. A travers ses plateformes, l'INRA serait en mesure d'offrir un environnement d'expérimentation et de diffusion de nouvelles technologies émergentes de manière efficace.

Créer une entité au sein de l'INRA qui se charge du transfert des technologies :

La création du Bureau de Transfert de Technologie (TTO) à l'INRA nécessitera le redéploiement de structures existantes et la création de nouvelles afin de s'aligner sur les standards en vigueur permettant de disposer d'une expertise en gestion de la propriété intellectuelle et de la promotion de toute production valorisable dans les écosystèmes agro-industriels. Le TTO sera appelé à accompagner la maturation des technologies à l'INRA, protéger la propriété intellectuelle et le portefeuille semencier de l'INRA, identifier des partenaires industriels, effectuer l'évaluation commerciale des technologies et des expertises, rédiger et négocier des contrats pour promouvoir toute forme de transfert (concession, essaimage, entreprises en démarrage...).

Mobiliser la communication pour renforcer le lien de l'INRA avec ses partenaires

Pour valoriser l'action de l'INRA vis-à-vis de son paysage socio-professionnel et institutionnel, la communication constitue un levier important, non seulement pour asseoir le positionnement de l'INRA en tant que pourvoyeur de connaissances et de solutions technologiques, mais également de mobilisation de partenariats stratégiques de l'amont à l'aval du processus de recherche et développement. La communication vers les scientifiques a été renforcée en redynamisant la revue scientifique *Al Awamia* et en lançant une

série de webinaires sur des sujets scientifiques d'actualité. La forme du rapport d'activité a été repensée pour adapter le message scientifique à la cible constituée d'une diversité de profils techniques du monde agricole. Une Newsletter trimestrielle est désormais diffusée à tous les partenaires pour relayer l'actualité et les sujets qui intéressent la communauté agricole. Par ailleurs, les rencontres et évènements rassemblant les chercheurs INRA aux partenaires ont été multipliés, profitant aussi des outils de visioconférence.

Cette communication continuera d'être renforcée davantage pour un échange pertinent des connaissances avec l'ensemble du paysage socio-institutionnel et professionnel, et à leur centre les agriculteurs et le principal relais, à savoir l'ONCA. En effet, un programme de journées de démonstration, de séances de renforcement de capacités et d'édition techniques sera élaboré avec les conseillers agricoles de l'ONCA sur la base d'un document en cours d'élaboration et résumant l'ensemble des technologies mûres et transférables que les chercheurs ont identifiées.

Renforcement des capacités institutionnelles

Mobilisation du levier digital :

Les systèmes d'information de gestion que l'INRA est entrain de déployer ou de développer sont des systèmes formels à même de fournir aux managers les informations pertinentes et appropriées pour la prise de décision et d'améliorer les opérations dans plusieurs domaines : Gestion des ressources matérielles et financières, Gestion du parc auto, gestion des paiements et de la facturation, gestion des ressources humaines, gestion des projets de la recherche, y compris pour les données brutes qui peuvent découler des expérimentation ou des analyses.

A travers la refonte et l'intégration de ces différents systèmes, la gouvernance à l'INRA peut atteindre une performance élevée en décloisonnant les différentes opérations pour permettre de travailler de manière collaborative. En effet, la manière de travailler à l'INRA devrait être reconsidérée à la lumière de la transformation digitale qui se traduira par la mise en place de nouvelles dispositions, particulièrement en matière de procédures liées aux opérations, de responsabilités quant à la gestion et l'utilisation de ces plateformes digitales, et des systèmes de suivi et de pilotage de la performance.

Amélioration de la gestion de la recherche et de ses ressources :

L'une des réalisations majeures ces dernières années à l'INRA concerne l'adoption d'une charte d'éthique et d'intégrité scientifique pour l'amélioration du climat de confiance au sein de l'INRA et entre les acteurs de la recherche et les utilisateurs. Cette charte permet de définir le comportement adéquat à adopter face à des situations où la législation en vigueur n'apporte pas de réponse claire ou suffisante. Cette mesure est un prélude pour plusieurs dispositions qui seront prises dont l'organisation de la recherche. Celle-ci

nécessite une redéfinition des entités qui s'en chargeront pour remédier à l'insuffisance constatée du fonctionnement des unités de recherche. Cette redéfinition peut être conduite dans le cadre d'une restructuration globale qui peut affecter l'organigramme de l'INRA.

Le développement des ressources humaines est un enjeu majeur pour l'INRA qui nécessite l'amélioration des conditions de travail, le renforcement de l'implication des employés dans la réalisation des stratégies de l'INRA et leur motivation. Pour augmenter la valeur du capital humain, il sera essentiel de mettre en œuvre des politiques depuis la phase de recrutement en passant par la gestion des carrières professionnelles à l'INRA pour parvenir à accroître et capitaliser les connaissances et les compétences des employés.

Plusieurs autres objectifs sont tracés pour la future phase et dont certaines mesures sont d'ores et déjà opérationnelles comme l'amélioration de la performance de l'exécution budgétaire et le développement des plateformes de recherche et leur mutualisation.



Avenue de la Victoire,
BP 415 RP. Rabat - Maroc

Tél. : +212 53 777 09 55

Fax : +212 53 777 00 49

www.inra.org.ma



المعهد الوطني للبحث الزراعي

ⴰⵎⴰⵔ ⴰⵏⴰⵔⴰⵏ ⴰⵏⴰⵔⴰⵏ ⴰⵏⴰⵔⴰⵏ ⴰⵏⴰⵔⴰⵏ

Institut National de la Recherche Agronomique



9 789920 787147