Les bénéfices du diagnostic ADN pour une gestion intelligente des résistances et de l'efficacité des pesticides Partie 2/2

Jérémie Brusini, Delphine Picart, Tovo Rabemanantsoa

▶ **To cite this version:**

Jérémie Brusini, Delphine Picart, Tovo Rabemanantsoa. Les bénéfices du diagnostic ADN pour une gestion intelligente des résistances et de l'efficacité des pesticides Partie 2/2. La revue des œnologues et des techniques vitivinicoles et œnologiques, 2020. hal-03017161

HAL Id: hal-03017161
https://hal.inrae.fr/hal-03017161

Submitted on 20 Nov 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Les bénéfices du diagnostic ADN pour une gestion intelligente des résistances et de l'efficacité des pesticides
Partie 2/2

Jérémie Brusini[1], Delphine Picart[1] et Tovo Rabemanantsoa[1]
Jérémie Brusini, docteur en Écologie Évolutive, Fonctionnelle et des Communautés, Université de Bordeaux,
Delphine Picart, docteur en Modélisation Mathématique et Applications, Université de Bordeaux,
Tovo Rabemanantsoa, administrateur Système d'Information, INRA Villenave d'Ornon.

[1]Biology as a Solution (BaaS), **MARTILLAC, France**

Résumé
La recherche fondamentale en biologie de ces 20 dernières années a été marquée par le développement de nouvelles technologies permettant d'étudier l'ADN des individus et des populations. Ces technologies et concepts, regroupés sous le nom de biologie moléculaire, ont complètement révolutionné l'étude des êtres vivants et de leur interaction avec leur environnement. Le domaine de la phytopathologie (l'étude des maladies des plantes) n'a pas échappé à cette révolution. Les bénéfices de ces technologies sont maintenant à portée de main des professionnels du monde agricole (exploitants, conseillers, chambre d'agriculture) afin de mettre en place une lutte plus efficace contre les pathogènes basée sur l'analyse fine des caractéristiques épidémiologiques et génétiques de chaque parcelle. Dans cet article est expliqué comment les méthodes de diagnostic ADN peuvent servir d'outils d'aide à la décision pour optimiser la mise en place d'itinéraires techniques personnalisés contournant les résistances aux pesticides.

La première partie de cet article[1] a permis d'expliquer les mécanismes responsables de l'évolution des résistances aux pesticides en agriculture. Elle a également mis en avant les deux conséquences dramatiques pour notre société du développement d'organismes nuisibles de plus en plus résistants : une perte de production agricole et une augmentation des IFT (Indicateurs de Fréquence de Traitements phytosanitaires). Les mutations conférant de la résistance aux pesticides constituent donc une plaie pour l'agriculture et l'environnement. Elle représente également un coût économique majeur[2]. Paradoxalement, ces mutations peuvent pourtant servir de base à la mise en place d'outils d'aide à la décision qui permettront de définir les itinéraires techniques permettant de les contourner. En effet, la littérature scientifique regorge d'études décrivant ces mutations ainsi que les niveaux de résistance qu'elles engendrent pour leur porteur[3]. Le fait de connaître la fréquence de telles ou telles mutations dans une population de champignons, d'insectes ou d'adventices affectant une parcelle donne donc des indications essentielles sur l'efficacité de tel ou tel mode d'action. En d'autres termes, il est possible, en étudiant les mutations présentes dans l'ADN des organismes nuisibles, de prédire l'efficacité de différentes familles de pesticides et de se servir de cette information pour lutter plus efficacement contre eux.

1 Brusini, J. Le mécanisme de sélection naturelle responsable de l'émergence des résistances aux pesticides - Partie 1/2. *Revue des Oenologues* **2020**, 176, pp-pp.

2 Varah, A.; Ahodo, K.; Coutts, S. R.; Hicks, H. L.; Comont, D.; Crook, L.; Hull, R.; Neve, P.; Childs, D. Z.; Freckleton, R. P.; Norris, K. The Costs of Human-Induced Evolution in an Agricultural System. *Nat. Sustain.* **2020**, *3* (1), 63–71. https://doi.org/10.1038/s41893-019-0450-8.

3 Mair, W.; Lopez-Ruiz, F.; Stammler, G.; Clark, W.; Burnett, F.; Hollomon, D.; Ishii, H.; Thind, T. S.; Brown, J. K.; Fraaije, B.; Cools, H.; Shaw, M.; Fillinger, S.; Walker, A.-S.; Mellado, E.; Schnabel, G.; Mehl, A.; Oliver, R. P. Proposal for a Unified Nomenclature for Target-Site Mutations Associated with Resistance to Fungicides. *Pest Manag. Sci.* **2016**, *72* (8), 1449–1459. https://doi.org/10.1002/ps.4301.

Vers un changement de paradigme : le diagnostic ADN en agriculture

Les bénéfices liés à l'utilisation de données ADN pour définir des itinéraires techniques personnalisés et à la carte pourraient se faire ressentir à différentes échelles de temps :

À court terme : mieux traiter en traitant moins

Chaque parcelle est unique. Elle présente sa propre dynamique épidémiologique, son propre historique de traitement, ses propres caractéristiques climatiques et son propre type de sol. La note technique commune céréale illustre ce fait en mettant en avant de grosses variations géographiques dans la distribution des mutations aux triazoles chez les pathogènes de blé et recommande de les prendre en considération[4]. La note technique commune vigne suggère également de l'hétérogénéité dans la distribution de résistances en qualifiant la fréquence de résistances à de nombreuses molécules comme étant « faible à forte », « moyenne à forte » ou encore « faible à moyenne »[5]. Les degrés des résistances varient donc entre parcelles tant leurs évolutions sont dépendantes des pratiques agricoles propres à chaque exploitation et des conditions pédoclimatiques propres à chaque terroir. Ainsi, les proportions de résistances aux différents modes d'action recueillies sur la base d'une centaine d'échantillons sur tout le pays, comme c'est le cas dans la réalisation de notes techniques, risquent de ne pas correspondre à la situation spécifique de chaque parcelle du pays. Il est donc nécessaire, pour optimiser la production agricole tout en limitant les pollutions inutiles, d'offrir à chaque exploitation agricole la possibilité de connaître les résistances présentes dans les organismes nuisibles affectant leurs cultures. Dans un monde parfait, chaque parcelle aurait sa propre sortie d'aide à la décision – définissant un itinéraire technique optimal – basée sur des données génétiques des pathogènes et adventices présents. Une telle façon de travailler représenterait un levier important pour faire coïncider réduction des IFT au maintien des niveaux de production (Figure 1). Elle est maintenant à portée de main des professionnels de l'agriculture. En effet, les technologies de biologie moléculaire sont maintenant largement répandues et les coûts liés à leur utilisation ont fortement baissé. Des sociétés privées développent d'ailleurs déjà des offres de diagnostic ADN à destination des professionnels avec des délais de livraison de résultats qui se rapprochent de la semaine. Il est probable que ce type d'offres se diversifie dans le futur et que les délais de livraison se réduisent encore. Il est d'ailleurs dommage qu'une telle démarche ne soit pas plus encouragée par les autorités publiques tant elle correspond aux préoccupations actuelles concernant la réduction des traitements phytosanitaires voulue par le Gouvernement et par les consommateurs. Dans ce contexte de réduction des IFT, il est évident que toute avancée technologique permettant d'optimiser l'efficacité des traitements sera plébiscitée. Les outils de diagnostic ADN ont donc le potentiel, si bien utilisés et bien expliqués, de devenir des outils incontournables de l'agriculture de demain.

À moyen et long terme : un meilleur contrôle des résistances et de l'efficacité des modes d'action

Le fait de travailler avec des itinéraires techniques à la carte, établis sur la base de données ADN, apporte également la possibilité de gérer dans le temps l'évolution des résistances ainsi que l'efficacité des différentes molécules et modes d'action utilisés. En effet, les notes techniques communes conseillent toutes une alternance entre traitements utilisant différents modes d'action au sein d'une saison pour limiter l'évolution de résistances. Le but est de casser la transmission à la génération suivante d'une mutation de résistance contre la molécule A via le traitement avec une molécule B qui détruira les individus porteurs de la résistance A. Et inversement, lorsque les mutations de résistances contre la molécule B seront trop fréquentes, utiliser la molécule A sera un bon moyen de contrôler la propagation de la résistance à la molécule B. Ce schéma simplifié illustre comment le suivi des proportions de mutations au sein d'une parcelle au cours de la saison et entre

[4] https://www.r4p-inra.fr/wp-content/uploads/2020/03/NC2020_cereales.pdf

[5] https://www.r4p-inra.fr/wp-content/uploads/2020/01/NC2020_mildiou_oïdium_botrytis_blackrot_vigne.pdf

saisons est capital au succès de la gestion des résistances et dans la gestion de l'efficacité des pesticides. En effet, l'alternance judicieuse entre modes d'action ne peut pas se faire au hasard au risque d'être contre-productive. Idéalement, elle devrait être réalisée sur la base d'un suivi épidémiologique des souches et résistances présentes dans chaque exploitation agricole. Le changement de paradigme que nous proposons ici, consistant à généraliser les études ADN en agriculture pour une utilisation intelligente des pesticides, apporte donc un nouvel outil pour lutter contre l'inexorable progression des résistances aux pesticides en France. Les technologies et les méthodologies permettant un tel suivi existent. À titre d'exemple, une entreprise de la région bordelaise propose pour quelques centaines d'euros par parcelle de quantifier la présence de résistances aux fongicides sur des pathogènes de la vigne. Ceci illustre que le diagnostic ADN est en voie de démocratisation et qu'il devient envisageable pour des exploitations agricoles ou des coopératives d'effectuer des suivis de l'évolution de résistances dans le temps. Un tel suivi régulier et personnalisé est nécessaire pour identifier les pratiques agricoles et les itinéraires techniques spécifiques à chaque parcelle qui permettront enfin de faire reculer les résistances aux pesticides à l'échelle du pays.

Les limites et le potentiel du diagnostic ADN

La première limite est la situation actuelle où de nombreuses résistances se sont déjà propagées jusqu'à devenir dominantes sur quasi toutes les cultures et dans de nombreux pays dont la France. Cependant, cette limite n'est pas inhérente au diagnostic ADN. Au contraire, elle est plutôt le résultat de pratiques qui auraient pu être corrigées par l'utilisation d'une telle approche dès le début de l'avènement de l'agriculture moderne au sortir de la seconde guerre mondiale. Il se trouve que la structure de la chaîne d'ADN n'a été découverte qu'en 1953. Les technologies de base de la biologie moléculaire moderne n'ont été mises au point que dans les années 1980. Et, qu'il y a encore dix ans, les coûts des innovations technologiques permettant d'étudier l'ADN des organismes nuisibles de façon routinière n'auraient pas permis leur application à une large échelle comme c'est maintenant le cas. Le diagnostic ADN associé à d'autres innovations, telles que la découverte de nouvelles molécules moins toxiques envers l'environnement ou la mise au point de variétés de plantes naturellement résistantes aux pathogènes, apportent donc des solutions concrètes – même si tardives – pour enrayer la propagation de résistances aux pesticides.

La seconde limite du diagnostic ADN est l'état actuel des connaissances scientifiques. Comme expliqué plus haut dans cet article, cette approche nécessite l'existence de données scientifiques associant une mutation à une résistance contre un mode d'action donné. Dans certain cas, le déterminisme génétique d'une résistance n'est pas connu. C'est-à-dire que la ou les mutations responsables de cette résistance n'ont pas encore été identifiées par les chercheurs. C'est le cas par exemple des résistances aux produits à base d'anilides chez le mildiou de la vigne. Cependant, cette situation n'est pas figée et le travail des chercheurs permet de faire avancer jour après jour les limites des connaissances. Ainsi, les équipes de l'Unité SAVE de INRAE de Bordeaux ont récemment publié le génome complet du mildiou de la vigne (*Plasmopara viticola*) ce qui représente une étape clef dans l'identification des résistances dont le déterministe génétique est encore inconnu[6]. L'Unité BIOGER de l'INRAE Grignon a également permis de mettre à jour le déterministe génétique d'un phénomène de résistance original observé sur le champignon responsable de la septoriose du blé[7]. Ce phénomène, appelé MDR pour *Multi Drug Resistance*, est responsable d'une résistance transversale conférant de la résistance à plusieurs modes d'action, ici les SDHI et triazoles. Ainsi, il est maintenant possible à partir d'outils de diagnostic ADN de détecter ces souches MDR afin de lutter plus efficacement contre elles et de limiter leur

[6] Dussert, Y.; Gouzy, J.; Richart-Cervera, S.; Mazet, I. D.; Delière, L.; Couture, C.; Legrand, L.; Piron, M.-C.; Mestre, P.; Delmotte, F. Draft Genome Sequence of Plasmopara Viticola, the Grapevine Downy Mildew Pathogen. *Genome Announc.* **2016**, *4* (5). https://doi.org/10.1128/genomeA.00987-16.

[7] Omrane, S.; Audéon, C.; Ignace, A.; Duplaix, C.; Aouini, L.; Kema, G.; Walker, A.-S.; Fillinger, S. Plasticity of the MFS1 Promoter Leads to Multidrug Resistance in the Wheat Pathogen Zymoseptoria Tritici. *mSphere* **2017**, *2* (5). https://doi.org/10.1128/mSphere.00393-17.

propagation. Une telle approche est déjà utilisée par un nombre croissant de professionnels en culture céréalière.

Ce mode de fonctionnement où les professionnels de la filière agricole bénéficieraient directement des progrès et des avancées de la recherche publique est clairement à portée de main. Les enjeux sont colossaux. Il est temps que le monde agricole prenne conscience de l'utilité des tests ADN afin d'initier un cercle vertueux couplant baisse des IFT à un meilleur contrôle des nuisibles. Des prises de décisions basées sur des données scientifiques de fréquences de résistances pourraient également favoriser des méthodes alternatives de traitement phytosanitaire notamment utilisées en agriculture biologique. Ces méthodes sont souvent réputées moins efficaces pour lutter contre les organismes nuisibles. Cependant, elles génèrent moins de résistances que les molécules utilisées comme pesticides conventionnels. Face à des données de résistances aux pesticides conventionnels provenant de leurs propres parcelles, de nombreux agriculteurs pourraient donc choisir de recourir à des méthodes de lutte phytosanitaire plus respectueuses de l'environnement. Un tel mode de fonctionnement servira également de socle pour mieux communiquer avec le grand public sur l'utilisation des pesticides en agriculture. En effet, les traitements phytosanitaires seront appliqués à partir d'un diagnostic ADN, similaire à un diagnostic obtenu lors d'une consultation médicale. Ce diagnostic aura identifié le traitement le plus adapté de manière à traiter des parcelles infectées tout en limitant l'utilisation de pesticides inefficaces. Les avantages et le potentiel du diagnostic ADN en agriculture sont donc réels. Il est maintenant du devoir des pouvoirs publics mais aussi des professionnels du secteur à faire en sorte que ce marché naissant puisse se développer dans notre pays.
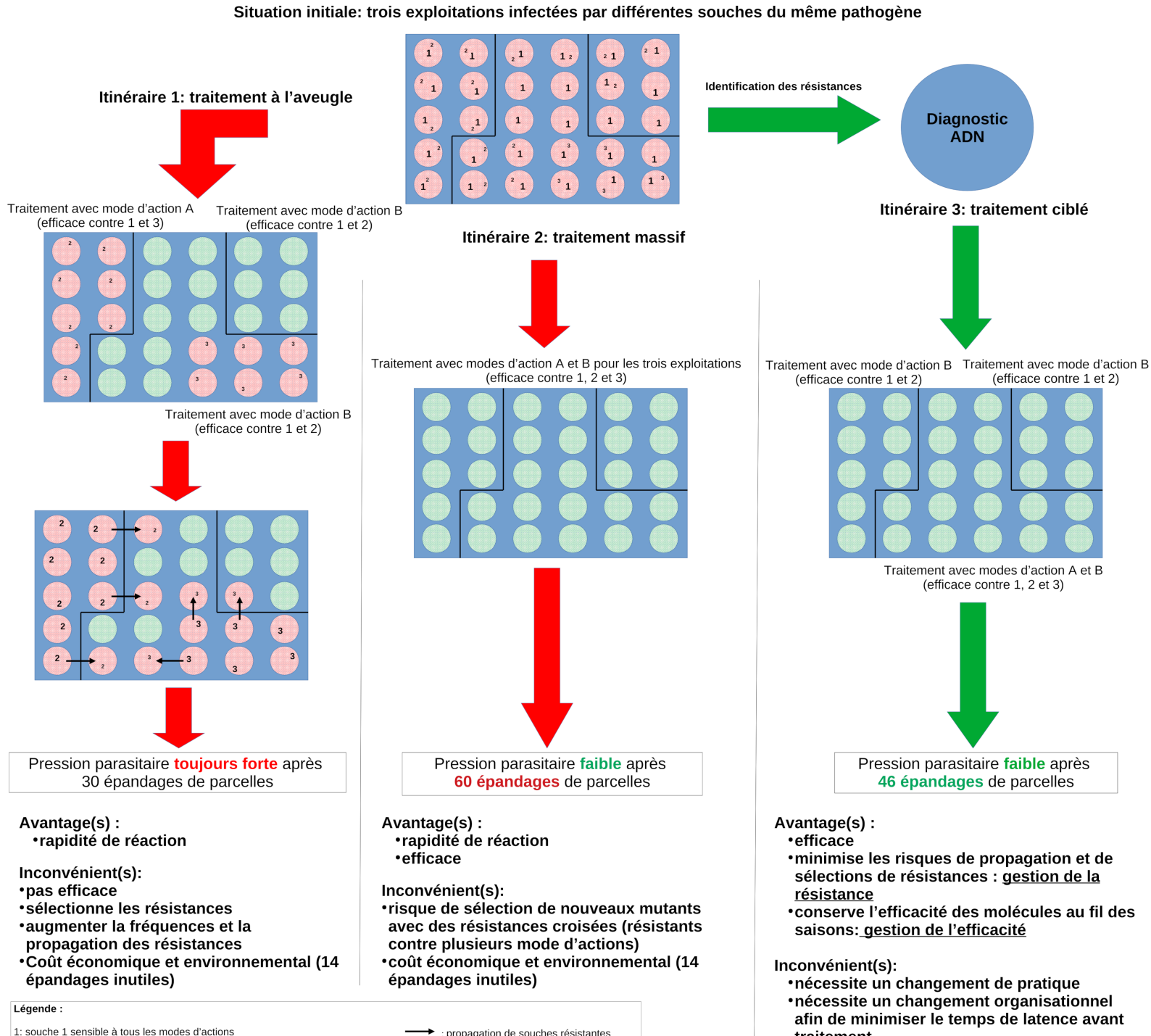
Figure 1 : schéma simplifié illustrant les avantages et les inconvénients du diagnostic ADN dans le choix des itinéraires de traitements