

Notes Académiques de l'Académie d'agriculture de France

Academic Notes of the French Academy of agriculture

Authors

David Makowski

Title of the work

Synthesizing knowledge in agronomy

Year 2017, Volume 3, Number 3, pp. 1-7

Published online:

28 February 2017,

<https://www.academie-agriculture.fr/publications/notes-academiques/n3af-note-de-synthese-synthetiser-les-connaissances-en-agronomie>

[Synthesizing knowledge in agronomy](#) © 2017 by David Makowski is licensed under [Attribution 4.0](#)

[International](#) 

Synthétiser les connaissances en agronomie

Synthesizing knowledge in agronomy

David Makowski ¹

¹ INRA, UMR Agronomie INRA AgroParisTech, Université Paris-Saclay 78850 Thiverval-Grignon, France

Correspondance :

david.makowski@inra.fr

Résumé

Les méthodes de synthèse de connaissances permettent d'analyser les données produites par des études scientifiques réalisées dans différentes conditions, mais traitant toutes d'un sujet commun. Cet article présente les principes généraux d'une de ces méthodes - la méta-analyse – et discute de ses avantages et de ses applications possibles en agronomie.

Abstract

Methods of research synthesis aim at analyzing data produced by a series of scientific studies addressing the same research question, but carried out in different conditions. This paper presents the general principles of a major research synthesis method called meta-analysis. The advantages of this method and its possible applications in agronomy are discussed.

Keywords

Meta-analysis, research synthesis, weight of evidence.

Mots clés

Méta-analyse, poids des preuves, synthèse de connaissances.

Pourquoi synthétiser les connaissances

Les sciences agronomiques produisent de nombreuses données dont l'analyse permet de mieux comprendre l'effet des pratiques agricoles sur la production (par exemple, le rendement des cultures, la qualité des produits) et sur l'environnement (par exemple, l'émission de gaz à effet de serre, la pollution de l'eau). Ces données sont produites sur des parcelles d'essais expérimentaux, dans le cadre d'enquêtes réalisées chez les agriculteurs ou lors d'expérimentations numériques réalisées à l'aide de modèles mathématiques.

Sur certaines questions stratégiques, de nombreuses études sont réalisées et publiées de manière indépendante par différentes équipes appartenant à diverses institutions. C'est, par exemple, le cas des études qui visent à comparer les systèmes de type agriculture biologique aux systèmes dits conventionnels de celles qui visent à étudier l'impact du non-travail du sol ou à évaluer les performances de cultures génétiquement modifiées, ou encore des mesures des émissions de gaz à effet de serre par la fertilisation azotée (Philibert *et al.*, 2012).

Note de synthèse

Sur de tels sujets, des dizaines, voire des centaines d'études sont conduites sur un pas de temps plus ou moins long (généralement 10-20 ans), et leurs résultats sont publiés de manière indépendante dans des rapports et des revues scientifiques. La plupart du temps, ces études ne sont pas synthétisées et ne donnent lieu à aucune analyse statistique quantitative globale (Ioannidis, 2005 ; Philibert *et al.*, 2012).

L'objectif des méthodes de synthèse de connaissances est d'analyser des données générées par de nombreuses études, réalisées dans différentes conditions, mais traitant toutes d'un sujet commun. La synthèse des connaissances peut être qualitative ou quantitative, mais la synthèse quantitative de connaissances présente plusieurs avantages : (1) elle permet d'analyser de manière objective le poids des preuves en faveur d'une hypothèse (par exemple qu'un traitement A soit plus efficace qu'un traitement B contre une maladie donnée), (2) elle peut augmenter la puissance des tests statistiques (et donc la probabilité de découvrir l'existence d'un effet), (3) elle permet de développer des modèles statistiques prédictifs pouvant être utilisés pour l'aide à la décision.

D'une manière plus générale, une synthèse rigoureuse des connaissances disponibles permet de tirer des conclusions non biaisées sur des sujets stratégiques et d'analyser aussi objectivement que possible la variabilité des résultats produits par la communauté scientifique. Les méthodes de synthèse de connaissances jouent ainsi un rôle central pour évaluer le poids des preuves en faveur d'hypothèses alternatives.

Revue systématique et méta-analyse

La revue systématique et la méta-analyse sont deux approches importantes pour synthétiser les connaissances scientifiques. La revue systématique a été définie par Chalmers *et al.* comme une démarche mettant en œuvre des stratégies pour limiter les biais dans la collecte,

l'évaluation critique et la synthèse de toutes les études pertinentes traitant d'un sujet particulier (Chalmers *et al.*, 2002). Les revues systématiques sont fréquemment réalisées dans le cadre de travaux de recherche académiques et, également, dans des analyses de risques sanitaires et environnementaux (ANSES, 2016 ; EFSA, 2010). Une de leurs principales limites réside dans leur nature qualitative ; le résultat d'une revue systématique consiste en une conclusion narrative résumant les études de la revue. Elle ne fournit pas de résultat quantitatif sur la force d'une relation causale, ni sur la taille des effets étudiés ou leur niveau d'incertitude.

La méta-analyse peut être vue comme une extension de la revue systématique. Elle correspond à la principale méthode quantitative utilisée pour synthétiser les connaissances. Elle combine deux approches : (1) la revue systématique, (2) l'analyse statistique.

Dans une méta-analyse, les données doivent présenter suffisamment de similarités pour être analysables avec des méthodes statistiques. En associant une analyse statistique à une revue systématique, la méta-analyse présente un double avantage : elle limite les risques de biais en récupérant un ensemble d'études sur la base d'un protocole explicite, et elle fournit des résultats sous une forme quantitative.

Glass définit la méta-analyse comme l'analyse statistique d'un large ensemble de résultats issus d'études individuelles en vue d'intégrer les conclusions (Glass, 1976). D'autres définitions ont été proposées et ont été mentionnées (Chalmers *et al.*, 2002 ; Koricheva *et al.*, 2013). Toutes insistent sur l'idée de combiner différentes études ayant un objectif commun dans le but d'obtenir une estimation d'une quantité présentant un intérêt pratique.

Les origines de la méta-analyse

Historiquement les premières applications de la méta-analyse ont été réalisées dès le début du XX^e siècle. Karl Pearson (Pearson, 1904) a ainsi collecté et analysé les résultats de différentes études dont l'objectif était d'évaluer l'efficacité d'un vaccin contre la typhoïde. Yates (Yates,

Note de synthèse

1941) est probablement l'auteur de la première méta-analyse agronomique (Chalmers *et al.*, 2002). Son objectif était de déterminer des doses optimales d'engrais phosphaté dans le contexte de blocus et de pénurie de la Seconde Guerre mondiale. Un grand nombre d'essais testant l'effet de doses d'engrais croissantes sur le rendement des cultures ont été collectés et analysés globalement pour calculer au plus juste les doses d'engrais requises.

La méta-analyse est devenue une méthode standard dans le domaine médical au cours des années 1990, notamment grâce à l'impulsion de la *Cochrane Organisation* qui a fait la promotion de cette approche et organise des ateliers pour faciliter la réalisation de revues systématiques et de méta-analyses (Cochrane, 2017).

La méta-analyse est devenue une technique incontournable pour identifier des facteurs de risques de maladies et pour évaluer l'efficacité de traitements médicaux (Sutton *et al.*, 2000 ; Borenstein *et al.*, 2009). Certains auteurs considèrent la méta-analyse comme une approche permettant de limiter les risques de fausse découverte (Ioannidis, 2005). Elle est maintenant de plus en plus souvent utilisée en dehors du domaine médical, notamment en écologie, dans les sciences environnementales, en génétique ou en génomique.

En agronomie, la méta-analyse est utilisée de plus en plus fréquemment pour combiner des données issues d'études indépendantes, réalisées dans différentes régions du monde (Philibert *et al.*, 2012 ; Koricheva *et al.*, 2013 ; Makowski *et al.*, 2014).

Dans ce domaine, elle apparaît particulièrement utile pour synthétiser les connaissances disponibles sur des sujets controversés, par exemple sur l'impact des variétés génétiquement modifiées sur l'environnement, sur les performances de l'agriculture biologique, ou sur les conséquences du changement climatique sur la production agricole. En agronomie, la méta-analyse est souvent utilisée pour estimer les pertes ou les gains de rendements résultant de l'adoption de systèmes de culture alternatifs et pour analyser l'incertitude associée à ces estimations (Hossard *et al.*, 2016 ; Miguez et

Bollero, 2005 ; Ponisio *et al.*, 2014 ; Seufert *et al.*, 2012). De tels résultats apportent des éléments objectifs aux débats parfois controversés sur les avenir possibles de l'agriculture.

En agronomie, la méta-analyse n'est pas une approche de type *big data* : contrairement à celle-ci, la méta-analyse n'a pas vocation à analyser un flux continu et massif de données. Sauf exception, les jeux de données considérés dans les méta-analyses ne sont généralement pas massifs ; ils n'incluent le plus souvent que quelques centaines ou quelques milliers de données, et ne sont pas mis à jour en temps réel. Par ailleurs, dans une méta-analyse, les études sélectionnées doivent répondre à des critères de qualité stricts. Elles doivent inclure un traitement qui n'est pas exposé à l'effet que l'on souhaite évaluer, respecter les règles de la randomisation et être fondées sur des protocoles rigoureux. Lorsque ces critères de qualité sont respectés, les risques de confusion d'effet entre facteurs explicatifs sont faibles et les résultats peuvent être facilement interprétés.

Les principales étapes d'une méta-analyse

Il existe deux grands types de méta-analyse. L'objectif du premier type est d'estimer la taille moyenne de l'effet d'un traitement expérimental par rapport à un traitement de référence. La taille d'effet est généralement définie par un rapport entre la valeur d'une variable d'intérêt (par exemple, le rendement d'une culture) dans un traitement expérimental et la valeur de la même variable dans un traitement de référence. Les données sont alors utilisées pour estimer la valeur moyenne du rapport à travers les études disponibles, ainsi que l'intervalle de confiance associé.

En agronomie, cette approche a déjà été utilisée pour comparer différentes pratiques agricoles, voire différents systèmes de cultures. Par exemple, Miguez et Bolléro ont réalisé une méta-analyse de 37 études expérimentales pour

Note de synthèse

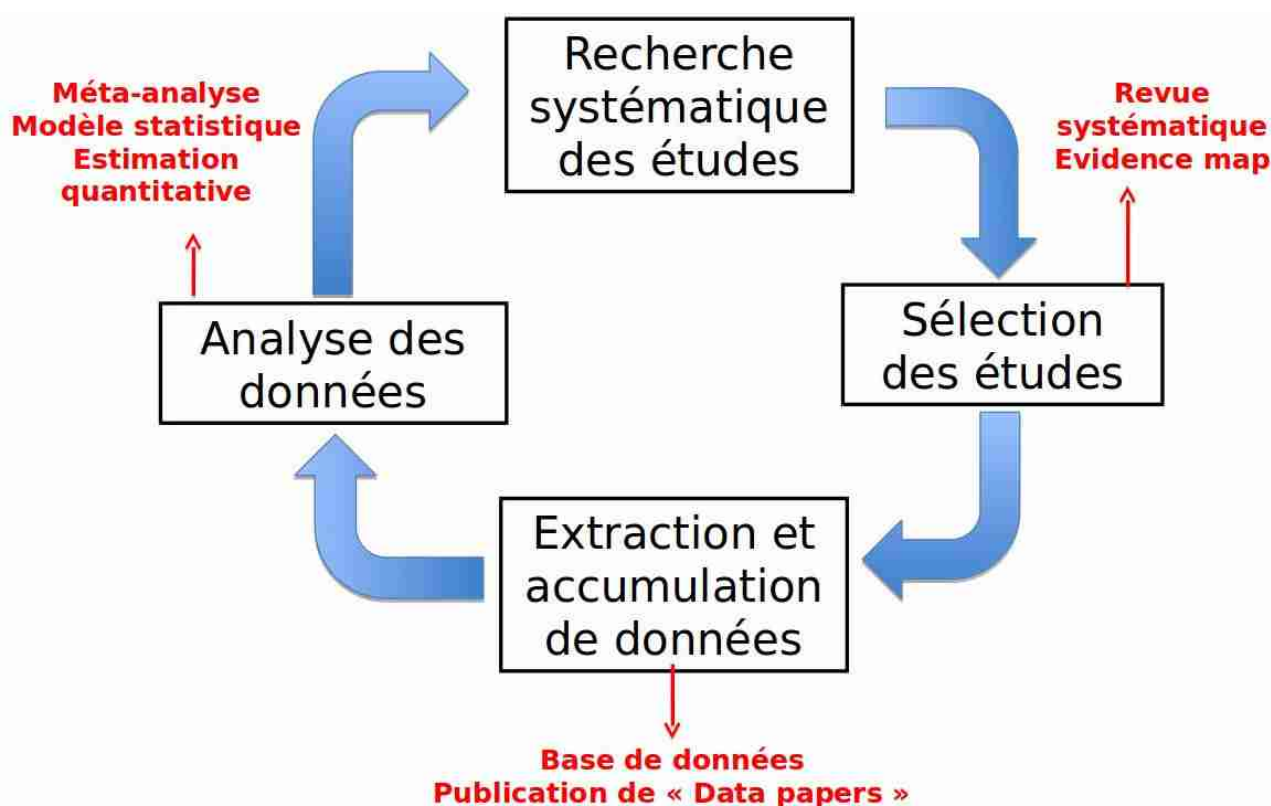


Figure 1. Le cercle vertueux de l'accumulation de connaissance. Les textes encadrés correspondent aux différentes étapes. Les flèches rouges indiquent les productions associées à chaque étape.

estimer le gain de rendement de maïs induit par l'utilisation de cultures intermédiaires (graminées ou légumineuses) (Miguez et Bolléro, 2005). Makowski *et al.* ont conduit une méta-analyse pour comparer l'efficacité de différents types de fongicides utilisés pour contrôler une espèce invasive de champignon pathogène (Makowski *et al.*, 2014). Hossard *et al.* ont réalisé une méta-analyse de plusieurs essais systèmes réalisés en Europe et en Amérique du nord pour comparer les rendements de systèmes de culture intensifs, biologiques et à bas intrants (Hossard *et al.*, 2016).

L'objectif du second type de méta-analyse (souvent appelé méta-régression) est d'estimer une relation entre une variable de réponse et une ou plusieurs variables explicatives, en utilisant un ensemble d'étude expérimentales incluant des

valeurs observées des variables considérées (Philibert *et al.*, 2013 ; Yu *et al.*, 2015). Ces deux types de méta-analyse comportent des étapes communes :

- définition de l'objectif de la méta-analyse : définition de la taille d'effet, variable de réponse, variables explicatives et population ;
- revue systématique : définition du protocole de recherche bibliographique, utilisation de bases de données bibliographiques, récupération des études ;
- sélection des études : définition de critères de sélection, application de ces critères aux études individuelles, élimination des études non conformes ;
- extraction des données des études sélectionnées à partir de fichiers, de tableaux et de figures ;

Note de synthèse

- analyse statistique : définition d'un ou plusieurs modèles statistiques, estimation des paramètres, estimation des quantités d'intérêt, analyse d'incertitude, analyse de sensibilité, analyse du biais de publication (ce biais est induit par une sélection des études reportant certains types de résultats, par exemple la publication préférentielle de résultats statistiquement significatifs).

Vers un processus d'accumulation de connaissances ?

L'utilisation de la revue systématique et de la méta-analyse est de plus en plus fréquente en agronomie. Une généralisation de leur utilisation pourrait, à terme, faire entrer ce domaine de recherche dans un cercle vertueux d'accumulation de connaissances (Figure 1).

La recherche systématique des études traitant de sujets stratégiques (plutôt que leur sélection *a priori*) permet d'identifier la plupart des études produites par la communauté scientifique à une date donnée et, ainsi, limite les risques de biais. La sélection des études à partir de critères explicites (définis en fonction de la question posée) renforce l'objectivité de la démarche des scientifiques et augmente sa crédibilité aux yeux des parties prenantes. L'extraction des données issues des études sélectionnées permet de produire des bases de données réutilisables par la communauté scientifique et facilite la vérification des résultats (Cernay *et al.*, 2016). L'analyse statistique des données permet d'estimer des quantités d'intérêt, de tester des hypothèses et d'analyser les incertitudes. Cette dernière étape est particulièrement utile pour l'aide à la décision ; celle-ci demande en effet des estimations quantitatives associées à l'analyse fine des incertitudes associées.

Le processus décrit par la figure 1 peut être à l'origine de différents types de valorisation scientifique :

- articles de type « revue systématique » valorisant les analyses qualitatives des articles sélectionnés ;
- bases de données réutilisables et « Data papers » présentant en détails les

caractéristiques de ces bases de données (notamment les méta-données) ;

- articles de type « méta-analyse » apportant les résultats quantitatifs de l'analyse statistique des données collectées.

Le processus décrit dans la figure 1 est itératif ; une synthèse de connaissances produite à une date donnée peut être mise à jour lorsque de nouvelles études sont produites. Une telle mise à jour a ainsi été réalisée pour évaluer les pertes de rendement induites par l'utilisation de systèmes de culture biologique par rapport aux systèmes conventionnels. Ainsi, en 2012, Seufert *et al.* ont publié une méta-analyse réalisée à partir de 66 études et ont estimé une perte moyenne de rendement de 25 % (sd 4 %) (Seufert *et al.*, 2012). La base de données a ensuite été mise à jour par Ponisio *et al.* ; ces auteurs ont estimé une perte moyenne de 19,2 % (sd 7 %) à partir de 115 études (Ponisio *et al.*, 2015).

Un des obstacles à la diffusion des méthodes de synthèse de connaissances réside dans le temps nécessaire à la sélection des études et à l'extraction des données. Lors de cette étape, les études répondant à certains critères (protocoles expérimentaux de bonne qualité, disponibilité des données, etc.) sont sélectionnées et les autres écartées. Les données publiées sous forme de tableaux et/ou figures sont ensuite extraites, puis archivées dans une base de données adaptée. Certains outils informatiques de type *text mining* peuvent faciliter la sélection des études et l'extraction des données, mais cette étape n'est généralement pas totalement automatisable et nécessite l'intervention d'une ou plusieurs personnes compétentes. En pratique, la sélection et l'extraction des données prennent ainsi souvent plusieurs mois pour chaque méta-analyse.

Récemment des auteurs ont décrit une nouvelle approche appelée *living systematic reviews*, qui donnerait la possibilité aux scientifiques de mettre à jour leurs bases de données quasiment en temps réel (Elliott *et al.*, 2014). Cette méthode a été initialement décrite dans le cadre de la recherche médicale, mais pourrait être adaptée aux sciences agronomiques. Les *living*

Note de synthèse

systematic reviews reposent sur des outils informatiques collaboratifs offrant la possibilité aux scientifiques de partager leurs données dans des dépôts informatiques communs. Ces données peuvent alors faire l'objet d'une analyse statistique dont les résultats sont publiés en ligne et mis à jour régulièrement. Cette démarche permettrait de réduire considérablement les délais entre la réalisation des études individuelles et celle de synthèses quantitatives de connaissances. Dans un futur proche, l'émergence de cette approche donnerait la possibilité aux scientifiques d'accumuler des données de manière beaucoup plus rapide sur des sujets stratégiques. Les résultats pourraient être mis à jour de manière efficace par un grand nombre d'experts, puis diffusés auprès d'un public large. L'utilisation de cette version moderne de la synthèse des connaissances faciliterait le partage des données et contribuerait à rendre les processus de prise de décision plus objectifs. Il faudra cependant veiller à définir des critères de qualité aussi stricts que ceux considérés dans les revues systématiques, afin d'éviter que des données de mauvaise qualité ne viennent réduire la fiabilité des conclusions.

Références

ANSES. 2016. *Evaluation du poids des preuves à l'ANSES : revue critique de la littérature et recommandations à l'étape d'identification des dangers*. Rapport d'expertise collective, Saisine 2015-SA-0089.

Borenstein M, Hedges LV, Higgins JPT, Rothstein HR. 2009. *Introduction to meta-analysis*. Chapter 20 : Meta-regression. Wiley.

Cernay C, Pelzer E, Makowski D. 2016. A global experimental dataset for assessing grain legume production. *Scientific Data*, 3, 160084 doi: 10.1038/sdata.2016.84.

Chalmers I, Hedges LV, Cooper H. 2002. A brief history of research synthesis. *Evaluation and the Health Professions*, 25 (1), 12–37.

Cochrane Organisation. 2017. www.Cochrane.org, dernier accès 17 février 2017.

EFSA. 2010. European Food Safety Authority; Application of systematic review methodology to food and feed safety assessments to support decision making. *EFSA Journal*, 8(6), 1637.

Elliott JH, Turner T, Clavisi O, Thomas J, Higgins JPT. 2014. Living systematic reviews: an emerging opportunity to narrow the evidence-practice gap. *PLoS Medicine*, 11, e1001603. Doi:10.1371/journal.pmed1001603.

Glass GV. 1976. Primary, secondary, and meta-analysis of research. *Educational Researcher*, 5(10), 3-8.

Hossard L, Archer DW, Bertrand M, Colnenne-David C, Debaeke P, Erfors M, Jensen ES, Jeuffroy MH, Munier-Jolain N, Nilsson C, Sanford GR, Snapp SS, Makowski D. 2016. A meta-analysis of maize and wheat yields in low-input vs. conventional and organic systems. *Agronomy Journal*, 108(3), 1155-1167 .

Koricheva J, Gurevitch J, Mengersen K (eds.). 2013. *Handbook of meta-analysis in ecology and evolution*. Princeton University Press, 520 p.

Ioannidis JPA. 2005. Why most published research findings are false. *PLoS Medicine*, 2 (8), e124.

Makowski D, Nesme T, Papy F, Doré T. 2014. Global agronomy, a new field of research. *Agronomy for Sustainable Development*, 34(2), 293-307.

Makowski D, Vicent A, Pautasso M, Stancanelli G, Rafoss T. 2014. Comparison of statistical models in a meta-analysis of fungicide treatments for the control of *Citrus* black spot caused by *Phyllosticta citricarpa*. *European Journal of Plant Pathology*, 139(1), 79–94.

Miguez FE, Bollero GA. 2005. Review of corn

Note de synthèse

yield response under winter cover cropping systems using meta-analytic methods. *Crop Science*, 45(6), 2318–2329.

Philibert A, Loyce C, Makowski D. 2012. Assessment of the quality of the meta-analysis in agronomy. *Agriculture, Ecosystem and Environment*. 148, 72-82.

Philibert A, Loyce C, Makowski D. 2013. Prediction of N₂O emission from local information with Random Forest. *Environmental Pollution*, 177, 156-163 .

Ponisio LC, M'Gonigle LK, Mace K, Palomino J, de Valpine P, Kremen C. 2014. Diversification practices reduce organic to conventional yield gap. *Proceedings of the Royal Society*, B 282, 20141396 .

Seufert V, Ramankutty N, Foley JA. 2012. Comparing the yields of organic and conventional agriculture. *Nature*, 485(7397), 229-232.

Sutton AJ, Abrams KR, Jones DR, Sheldon TA, Song F. 2000. *Methods for meta-analysis in medical research*. Wiley, New-York, USA, 348 p.

Yu Y, Stomph T-J, Makowski D, van der Werf W. 2015. Temporal niche differentiation increases the land equivalent ratio of annual intercrops: a meta-analysis. *Field Crop Research*, 184, 133–144.

Edité par

Jean-Claude Mounolou, membre de l'Académie d'agriculture de France.

Christian Férault, membre de l'Académie d'agriculture de France.

Rapporteurs

Bernard Bourget est membre de l'Académie d'agriculture de France

Alain Pavé est membre de l'Académie d'agriculture de France.

Jérôme Leroy est fondateur de la société *Weenat*.

Rubrique

Cet article a été publié dans la rubrique «Notes de synthèse » des *Notes académiques de l'Académie d'agriculture de France*.

Reçu

17 novembre 2016

Accepté

17 février 2017

Publié

28 février 2017

Citation

Makowski. 2017. Synthétiser les connaissances en agronomie, *Notes Académiques de l'Académie d'agriculture de France / Academic Notes from the French Academy of Agriculture*, 3(3), 1-7. <https://doi.org/10.58630/pubac.not.a129775>.



David Makowski, directeur de recherche à l'INRA, dirige l'unité mixte de recherche Agronomie (INRA, AgroParisTech) du centre Versailles-Grignon.