



HAL
open science

Innovations à la mine et au champ : agronomes et ingénieurs des mines en Lorraine (XIXe-XXe siècles)

Pascal Raggi, Fabien Knittel

► To cite this version:

Pascal Raggi, Fabien Knittel. Innovations à la mine et au champ : agronomes et ingénieurs des mines en Lorraine (XIXe-XXe siècles). 131. Congrès national des sociétés historiques et scientifiques : Tradition et Innovation, Apr 2006, Grenoble, France. hal-02754035

HAL Id: hal-02754035

<https://hal.inrae.fr/hal-02754035>

Submitted on 3 Jun 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.

Innovations à la mine et au champ : agronomes et ingénieurs des mines en Lorraine (XIX^e-XX^e siècles)

Pascal RAGGI
université de Nancy II
Fabien KNITTEL
université de Nancy II, INRA-SAD

L'innovation en elle-même, d'une part, ses mécanismes, d'autre part, sont des processus d'une rare complexité que l'historien doit cependant appréhender et comprendre pour saisir les modalités du progrès¹. La notion d'innovation dépasse largement le simple domaine de l'invention même si celui-ci en est un point de départ. La diffusion et l'usage sont des dimensions cruciales à analyser en même temps que l'invention elle-même pour espérer identifier puis comprendre une innovation. Dans le cas particulier de l'innovation technique, « bien des nouvelles technologies n'ont pas réussi à créer de nouveaux usages [et] il est nécessaire d'associer, dans une même réflexion, technique et usage [...] »² Nous suivons donc totalement Antoine Picon lorsqu'il affirme que

« la construction sociale des techniques tend à estomper la distinction traditionnelle entre invention et innovation au profit de la reconnaissance d'itinéraires complexes, voire même tortueux, itinéraires nécessairement singuliers dans leur déroulement³ ».

Les mécanismes de l'innovation technique, les modalités de sa diffusion ainsi que les résistances au processus innovant possèdent donc des spécificités propres selon l'époque et les secteurs d'activités envisagés. Mais, inversement, il existe aussi des points communs. Cette dialectique est étudiée ici à travers l'étude comparative, dans l'espace lorrain, d'un travail d'agronome au début du XIX^e siècle et de la mécanisation dans les mines de fer pendant les années 1950-1970.

La présentation des principaux outils, charrues et engins miniers permet, tout d'abord, de connaître les mécanismes d'émergence et la mise en œuvre des innovations. Ensuite, il faut s'intéresser aux influences scientifiques et technologiques qui ont entraîné, chez les agronomes et les ingénieurs des mines, la conception de procès de travail reposant sur l'utilisation de nouveaux moyens techniques. La diffusion des innovations doit également être abordée car elles se sont généralisées en faisant oublier les réticences premières vis-à-vis de leur application.

1. Voir J.-P. Chauveau, L'étude des dynamiques agraires et la problématique de l'innovation, dans J.-P. Chauveau et al., dir., *L'innovation en agriculture. Questions de méthodes et terrains d'observation*, p. 10-31, et T. Gaudin, *De l'innovation à l'évaluation technologique*

2. P. Flichy, *L'innovation technique. Récents développements en sciences sociales. Vers une nouvelle théorie de l'innovation*, p. 9.

3. A. Picon, *Construction sociale et histoire des techniques*, p. 532.

Outils : deux moments de la mécanisation

Une réflexion innovante sur la charrue

L'agronome lorrain, Christophe-Joseph-Alexandre Mathieu de Dombasle (1777-1843) est présenté comme un concepteur qui aurait révolutionné les techniques de labour au début du XIX^e siècle grâce à la « charrue Dombasle ». Or, les travaux de Mathieu de Dombasle n'engendrent pas de rupture dans l'histoire de l'agronomie, son action est un « itinéraire complexe⁴ » qui s'inscrit dans la tradition de l'agriculture nouvelle, où le questionnement autour du travail du sol est central⁵.

En 1820-1821, Mathieu de Dombasle propose un *Mémoire sur la charrue considérée principalement sous le rapport de la présence ou de l'absence de l'avant-train*⁶, réflexions à propos de la charrue et des améliorations à y apporter. Cet ouvrage, considéré comme la première véritable « théorie de la charrue », est une réponse à une sollicitation de la Société royale et centrale d'agriculture où il s'interroge sur la pertinence de l'avant-train dans le fonctionnement d'une charrue :

« Pour que la force motrice fût employée dans la charrue de la manière la plus utile possible à vaincre la résistance, il faudrait qu'elle agît [...] dans le prolongement de la ligne de résistance [...] il faudrait donc que le moteur se trouvât aussi sous la surface du sol, à la même profondeur que la ligne de résistance⁷. »

L'agronome cherche à limiter le plus possible l'effort de traction rendu important « dans la charrue composée, par le poids de l'avant-train, par le frottement des roues, par la résistance qu'occasionne la terre qui s'attache souvent aux roues en quantité considérable [...] »⁸ Tous ces inconvénients disparaissent lorsque l'avant-train est enlevé. L'accueil est élogieux, ce qui permet à l'auteur d'être reconnu par ses pairs. Dès lors, le but de Mathieu de Dombasle, inlassablement, consiste à démontrer la nécessité d'une charrue performante⁹. Le régulateur de la charrue « Dombasle » devient, du fait de la disparition de l'avant-train, une de ses pièces maîtresses¹⁰. Si l'on pousse un peu plus loin les recherches sur les charrues sans avant-train, il est aisé d'en retrouver l'origine en Grande-Bretagne, où « on a remplacé l'avant-train par un régulateur » dès le Moyen Âge¹¹. C'est donc une pièce essentielle au bon fonctionnement de la charrue sans avant-train, mais pour laquelle l'agronome lorrain n'a pas apporté de transformation majeure. Mathieu de Dombasle est un *modernisateur*, qui a conçu sa charrue en étudiant à la fois la charrue lorraine traditionnelle et des modèles anglais, dits « *swing plough* », eux-mêmes élaborés dès les XIII^e et XIV^e siècles¹².

4. *Ibid.*

5. A. J. Bourde, *Agronomie et agronomes au XVIII^e siècle*, p. 208. Cf. F. Knittel, *Mathieu de Dombasle. Agronomie et innovation, 1750-1850*.

6. *Mémoires de la Société centrale d'agriculture*.

7. M. Héricart de Thury, Rapport sur le mémoire de Mathieu de Dombasle, concernant la charrue ; C.-J.-A. Mathieu de Dombasle, *Mémoire sur la charrue...*, p. 18 (souligné par l'auteur).

8. *Ibid.*, p. 30.

9. C.-J.-A. Mathieu de Dombasle, *Annales agricoles de Roville*, t. III, 1826, p. 294.

10. Le régulateur est une « pièce de fer en forme d'équerre, placée sur la partie antérieure de l'age » qui permet d'ajuster la charrue pendant le labour. *Ibid.*, t. IV, 1828, p. 406.

11. A. G. Haudricourt et M. Jean-Brunhes Delamare, *L'homme et la charrue à travers le monde*, 1^{re} partie, p. 23-83.

12. *Ibid.*, p. 53. Voir aussi G. Comet, *Le paysan et son outil. Essai d'histoire technique des céréales (VIII^e-XV^e siècles)*, p. 50.

Mécanisation et innovation dans les mines de fer

Plus d'un siècle après, à la fin des années 1940, tous les stades de l'exploitation du minerai de fer lorrain sont concernés par l'utilisation de nouvelles machines. En effet, le forage (la foration en langage minier), le chargement et le transport sont transformés par la mécanisation des opérations d'abattage et d'acheminement du minerai.

Les trous de mine qui doivent recevoir l'explosif ne sont plus creusés avec des marteaux perforateurs portatifs mais à l'aide d'engins montés sur des plates-formes mobiles. Dès 1947, les foreuses Meudon et Wageor permettent aux mineurs d'économiser leurs forces tout en améliorant la pénétration des taillants dans la roche. Mais, l'innovation majeure à ce stade du travail minier est l'emploi des jumbos de foration dont les premiers essais ont eu lieu en 1951. Ces perforatrices lourdes à affûts mobiles montées sur chenilles, sur pneus ou sur rails, améliorent grandement les capacités de forage des ouvriers. Ainsi, avec les perforatrices portatives, les ouvriers pouvaient atteindre des vitesses de foration comprises entre douze et quarante centimètres par minute, alors que les jumbos leur permettent de progresser de deux à trois mètres cinquante par minute ! Tout au long des années 1950, ces jumbos sont adaptés aux changements techniques : en recevant de nouvelles motorisations électriques puis diesel et en étant déclinés sous différentes formes afin de s'adapter à la hauteur des galeries des mines lorraines.

Des améliorations techniques pour faciliter le travail

Après le tir, le minerai abattu doit être chargé pour être évacué du lieu de l'abattage. Traditionnellement effectuée à la main, cette opération devient mécanique avec l'emploi de chargeuses fixe et semi-fixes. Les premières, appelées estacades, utilisent un râteau pour râcler le minerai : un système de poulies permet des allers et retours de ce même râteau dans le quartier à exploiter. Comme les estacades, les machines semi-fixes sont acheminées au quartier par rail où elles sont alors positionnées pour qu'un système de raclage par godet permette aux servants de l'engin de ramasser le minerai abattu. Les Eimco à air comprimé, servies par deux hommes, imitent la catapulte, car un godet propulse la minette vers l'arrière où un wagonnet sert de réceptacle ; elles ont une production d'environ cent vingt tonnes par poste. Les Conway électriques ont un godet pivotant de gauche à droite et permettent à trois hommes (un chargeur, un machiniste et un accrocheur) de charger deux cents tonnes par poste. Les Thew sur chenilles manipulées par trois ouvriers étaient des engins pelleteurs pouvant charger deux cent cinquante tonnes par poste. Comme les jumbos, elles entraînent une amélioration du rendement et une pénibilité moindre du travail. Néanmoins, leurs performances et notamment leurs capacités de déplacement limitées font qu'elles sont remplacées par les joys qui sont des chargeuses à pinces de homard. Montés sur chenilles, ces engins comportent deux pinces pour orienter le minerai et un convoyeur à bande puis, par la suite à raclette, pour le charger dans un véhicule situé derrière. Le modèle 18 HR-2, le plus largement diffusé, permet de charger sept cents tonnes par poste¹³.

Une fois chargé, le minerai est transporté par des convois ferroviaires tractés par des locomotives conduites par des wattmen. De nombreuses innovations comme l'accrochage automatique des wagons ou le dispositif de sécurité dit de l'homme-mort facilitent alors leur tâche et, par là même, la rapidité de l'évacuation du minerai des galeries vers le grand roulage, c'est-à-dire les trains destinés à circuler sur les voies SNCF.

Une idée force découle de la théorie de la charrue : l'absence d'avant-train doit permettre un labour économique, c'est-à-dire un labour effectué avec un attelage moins nombreux

13. En 1938, le rendement ouvrier moyen en tonnes par poste de travail est, à l'abattage, de 10,7 tonnes ; en 1958, il est de 31,84 tonnes et, en 1992, date de la fermeture de la dernière mine de fer française de Lorraine, il atteint 209,93 tonnes : J. A. Varoquaux, *Histoire d'une profession : les mines de fer de France*, p. 202.

et une main-d'œuvre réduite. De la théorie, réflexion sur l'outil de labour, Mathieu de Dombasle passe à l'étude des pratiques des agriculteurs¹⁴. Avec l'avant-train, les animaux de trait se fatiguent plus rapidement, puisque c'est un élément de résistance important : le laboureur doit alors atteler à sa charrue un nombre important de bêtes, jusqu'à huit dans les terres argileuses. L'élevage de huit bœufs, ou chevaux, très onéreux pour le paysan moyen, entraîne alors des coûts d'entretien de l'attelage très importants. Diminuer la force de résistance lors de la traction a permis au laboureur d'utiliser moins d'animaux de trait, ce qui lui permet de faire de substantielles économies. En 1821, Mathieu de Dombasle présente « une charrue à laquelle deux chevaux suffi[sent] pour le tirage¹⁵ », soit une division par quatre de l'attelage lorrain traditionnel. De plus, la charrue est performante parce qu'elle ne réclame qu'un seul homme pour sa conduite au lieu de deux pour une charrue traditionnelle. La charrue « Dombasle » ne possède qu'un seul mancheron, ce qui permet à celui qui la conduit d'utiliser sa seconde main pour régler la longueur des traits¹⁶. Le mancheron unique n'est pas pour autant une innovation puisque des araires ne possédant qu'un seul manche existent depuis l'Antiquité¹⁷. Mathieu de Dombasle prolonge donc les progrès techniques effectués depuis plusieurs siècles.

L'innovation n'est donc pas que technique, elle peut être « le lancement d'un nouveau produit, comme celui de nouvelles formes d'organisation, la réalisation d'une fusion ou l'ouverture de nouveaux marchés¹⁸ ». Toutefois, la séparation entre invention technique et innovation issue du processus économique retenue par Schumpeter nous apparaît manquer de nuance. Le cas Mathieu de Dombasle comme celui des ingénieurs des mines permettent, au contraire, de montrer les liens entre différents types d'innovation, technique ou économique, et les différentes étapes de réalisation de ces innovations ainsi que leur succession ou leur simultanéité¹⁹. L'étude de l'innovation passe donc par la compréhension des conditions de réalisations sur le plan technique, c'est la part de l'invention. Tandis que la part sociétale de l'innovation est appréhendée grâce à l'analyse de la diffusion et des usages qui résultent de l'adoption de l'innovation.

Influences : des exemples venus d'ailleurs

Des influences essentiellement anglo-saxonnes et germaniques

L'adaptation de techniques et d'engins de l'industrie extractive américaine aux conditions du gisement lorrain expliquent la terminologie anglo-saxonne employée pour désigner les nouveaux moyens mécaniques et les nouvelles méthodes mises en œuvre. Mais, les déplacements outre-Atlantique des ingénieurs des mines ont eu des conséquences plus importantes que la simple dénomination des outils de travail mécanisée des mineurs.

Les ingénieurs des mines de fer qui se rendent en voyage d'étude aux États-Unis veulent connaître les méthodes d'exploitation et les moyens techniques utilisés par les entreprises du secteur minier américain. Ils estiment qu'en les prenant pour modèles, ils amélioreront la productivité et la sécurité dans les bassins ferrifères lorrains. Pour arriver

14. Ce faisant, il confronte son discours théorique à la complexité du réel. Cf. H. Manichon, *Le profil culturel. Une perspective nouvelle pour l'analyse du travail du sol*, p. 77.

15. Arch. dép. Meurthe-et-Moselle, 7 M 37.

16. C.-J.-A. Mathieu de Dombasle, *Annales agricoles de Roville*, t. IV, 1828, *op. cit.*, p. 408-410.

17. A. G. Haudricourt et M. Jean-Brunhes Delamare, *op. cit.*, p. 105, 175 et s.

18. J. A. Schumpeter, *Business Cycles*, cité par P. Flichy, *op. cit.*, p. 20. Cf. aussi J.-P. Chauveau, *L'étude des dynamiques agraires...*, *op. cit.*, p. 15.

19. F. Caron, *L'innovation et l'histoire. Introduction*, p. 152.

à ces résultats, les modalités américaines de la formation des ouvriers et de leur encadrement servent de base à une réflexion sur la nécessité de transformer l'enseignement dispensé aux apprentis et aux futurs porions, notamment en ayant recours à de nouvelles formes de gestion et d'investissement du personnel.

Au début du XIX^e siècle, Mathieu de Dombasle s'est déjà inspiré d'idées sur l'innovation issue du monde anglo-saxon. Il s'est procuré les ouvrages d'A. Young sachant que les *Voyages en France* sont traduits en français dès 1793. Par ailleurs, Mathieu de Dombasle a aussi traduit l'agronome anglais John Sinclair²⁰. Le « charron James Small, qui a aussi écrit un petit traité sur les charrues et les véhicules à roues », a surtout perfectionné une charrue swing plough, celle du comté de Rothertham, préalablement améliorée par Arbuthnot²¹. Outre-manche, James Small apparaît comme le premier théoricien de la charrue, fondant sa réflexion sur des principes mathématiques avant d'entreprendre la construction de tout instrument aratoire²². La diffusion de la charrue de type Rothertham est très large dans le Nord des îles Britanniques à la fin du XVIII^e siècle. Mathieu de Dombasle a suivi le même cheminement que Small en insistant sur la réflexion théorique et scientifique, préalable à la construction, et en favorisant par ses descriptions la reproduction à l'identique de sa charrue. Mais c'est outre-Rhin qu'il faut rechercher l'influence majeure de Mathieu de Dombasle, en la personne d'Albrecht Thaër (1752-1828) dont il traduit la *Description des nouveaux instrumens d'agriculture les plus utiles*. Dans les *Principes raisonnés d'agriculture*, Thaër expose même une approche raisonnée et systémique de l'agriculture qui est pour Mathieu de Dombasle une référence fondamentale²³. Les idées exposées par Thaër sont un point de départ et une initiation pour lui qui « fait exécuter le plus grand nombre des instrumens qui y sont décrits²⁴... » La présence ou l'absence d'avant-train, qui est la préoccupation majeure de Mathieu de Dombasle, est aussi une question centrale pour Thaër²⁵. Fort de sa compétence, Mathieu de Dombasle ne reste donc pas simplement traducteur, il annote le texte de Thaër et expose ses remarques, ses idées et, surtout, ses critiques. La pensée de Thaër est certes une influence fondamentale, mais l'agronome lorrain ne se contente pas de reprendre ses idées, il les discute et élabore ses propres théories.

L'influence américaine sur le travail dans les mines de fer françaises

La Seconde Guerre mondiale a considérablement gêné le développement technique dans les mines de fer. Le retard technologique sur les exploitations américaines est alors évident :

« Les exploitants des mines de fer de l'Est ont appris [...] l'énorme développement pris pendant la guerre par la production minière aux États-Unis, les grands progrès techniques [...] l'importante amélioration des conditions de travail et du standard de vie des [...] mineurs qui avait résulté de la mise en œuvre de ces progrès techniques²⁶. »

Dès lors, les mines américaines servent de modèles pour le développement des entreprises minières lorraines. Afin de généraliser la mécanisation à toutes les étapes, les ingénieurs des mines commencent par acclimater les techniques américaines aux caractéristiques géologiques du bassin ferrifère lorrain. En dix ans, leur mission est

20. J. Sinclair, *L'agriculture pratique et raisonnée (Code of Agriculture)*.

21. Cf. *Journal de physique*, t. IV, oct. 1775, p. 284-297. Cf. Abbé Rozier, *Cours complet d'agriculture*, t. 3, p. 83-85 (figure 2, planche III, p. 83). D'après A. Thouin, *Nouveau cours complet d'agriculture*, t. III, p. 389 (cité par A. Paillet, *Archéologie de l'agriculture moderne*, p. 31) cette charrue n'a pas été utilisée par les paysans.

22. G. E. Mingay, dir., *The Agrarian History of England and Wales*, vol. VI (1750-1850), p. 309.

23. Lettre de Mathieu de Dombasle du 7 janvier 1818. Ms Bibl. mun. Nancy, non coté et Mathieu de Dombasle, Préface, dans A. Thaër, *Description des nouveaux instrumens d'agriculture les plus utiles*, p. 5.

24. *Ibid.*

25. A. Thaër, L'avant-train et les roues sont-ils utiles ou nécessaires dans les charrues ?, *ibid.*, p. 21-29.

26. *Bulletin technique des mines de fer (BT)*, n° 14, 1^{er} trimestre 1949, p. 1.

accomplie dans la mesure où, dès 1960, la mécanisation intégrale s'est imposée. De l'abattage de la minette²⁷ à son transport dans et en dehors des galeries, les mineurs utilisent des moyens mécaniques puissants pour travailler. Même les progrès du roulage sont issus de techniques américaines. Par exemple, la généralisation des galeries trackless, c'est-à-dire la suppression des voies ferrées au fond est un changement inspiré directement de méthodes utilisées aux États-Unis environ vingt ans avant leur mise en place dans le sous-sol français. Le compte-rendu du voyage d'étude effectué en 1947 par les ingénieurs et responsables miniers lorrains l'atteste :

« Les Américains s'orientent de plus en plus vers la suppression du roulage sur rail au chantier, par l'emploi de shuttles-cars [camions navettes] ou de camions et tracteurs remorqueurs²⁸. »

L'avance américaine est incontestable dans le domaine de l'utilisation systématique d'engins mécaniques à tous les stades de l'exploitation :

« Nous avons été impressionnés par l'importance du matériel mis en œuvre au front d'abattage²⁹. »

Toutefois, les ingénieurs français jugent que l'OST n'est pas d'un niveau supérieur à celui des exploitations lorraines³⁰. Les performances des machines expliquent sûrement la relative liberté dont disposent les mineurs américains dans le cadre de leur travail. Surtout, cette aisance apparente des travailleurs américains constatée par les ingénieurs-voyageurs français est le résultat d'une formation professionnelle différente. Les rapporteurs insistent donc sur la nécessité d'introduire en France des méthodes de formation inspirées directement de ce qui se fait aux États-Unis. Elles sont importantes car la nature du travail minier change :

« Le métier de mineur à main étant en voie de disparition, il semble logique d'enseigner les méthodes d'époque avec du matériel d'époque ; c'est pourquoi je pense qu'il serait souhaitable de consentir à un gros effort d'équipements des quartiers écoles pour enseigner à ces jeunes [...] les pratiques modernes d'exploitation. »

Les différentes évolutions des CAP qui forment aux professions minières témoignent des changements d'orientation dans la formation des apprentis puis des stagiaires. Comme les Américains, les exploitants français mettent en place des formations plus techniques. Le succès en termes d'effectif des CAP de mécanique et d'électromécanique le prouve. Ces nouvelles possibilités de formation participent à la diffusion d'un nouveau savoir-faire minier lié à l'utilisation des machines. Elles s'ajoutent aux autres moyens mis en œuvre pour diffuser l'innovation en provenance directe des États-Unis, ou adaptée aux conditions lorraines à partir des progrès techniques déjà éprouvés dans le sous-sol américain.

27. Nom familial donné au minerai de fer lorrain. Son inconvénient majeur réside dans sa faible teneur en fer (35 % dans les meilleurs cas).

28. *BT*, n° 11, 2^e trimestre 1948, p. 8.

29. *Ibid.*, n° 30, 1^{er} trimestre 1953, p. 61.

30. *Ibid.*, n° 11, 2^e trimestre 1948, p. 8.

Diffusions

Le rattrapage technologique

Vers 1817-1818, Mathieu de Dombasle pose les principes du « défi de charrues », qui consiste à opposer deux attelages : les performances de la charrue « Dombasle » sont confrontées à des charrues lorraines traditionnelles afin de vérifier la validité des modifications. L'agronome souhaite alors la plus grande publicité pour sa charrue, qu'il considère comme un facteur de progrès pour l'agriculture³¹. Le plus souvent, la charrue « Dombasle » remporte les défis. C'est le cas le 3 novembre 1819 lorsque les membres d'une commission chargée d'examiner la charrue « Dombasle » constatent que le résultat du labourage effectué par une charrue ordinaire, attelée de six chevaux et conduite par deux hommes, et celui effectué par la charrue « Dombasle », attelée de deux chevaux et menée par un seul valet, est identique, mais que le travail a été plus facile pour la seconde charrue³². Le gain de productivité est probant et l'agronome convainc le Préfet de la Meurthe, ce qui lui assure un soutien et une crédibilité forte auprès des élites du département. Le Préfet, qui est un relais efficace auprès des autorités nationales, souligne dans un rapport élogieux la qualité et l'efficacité de la charrue « Dombasle³³ ». À partir de 1824, les « défis de charrues » s'insèrent dans le cadre d'une manifestation de plus grande envergure : les réunions agricoles de Roville-devant-Bayon (Sud de Nancy) qui se perpétuent jusqu'en 1835. À ce moment, les comices agricoles se sont multipliés et remplissent, à plus grande échelle, le rôle dévolu auparavant aux réunions de Roville.

Dans les mines de fer, la connaissance des innovations mises en place se diffuse par l'intermédiaire de la revue *Bulletin technique des mines de fer* destinée aux ingénieurs des mines ; les rapports de voyages d'étude aux États-Unis sont ainsi publiés afin de faire connaître les enseignements à en tirer pour l'organisation des chantiers d'exploitation. Plus simplement, elle s'effectue par la connaissance du matériel d'origine américaine et par l'adaptation de celui-ci aux conditions du gisement de minerai de fer français. C'est à ce niveau de diffusion que l'opposition à la mise en place de certaines innovations est la plus forte. Il existe une opposition ouvrière à certaines formes d'utilisation des machines. Elle s'exprime par des revendications de la CGT qui portent principalement sur l'adaptation des cadences des engins aux rythmes physiologiques des mineurs et sur l'organisation du travail dans les quartiers mécanisés.

Mathieu de Dombasle a publié une multitude d'ouvrages concernant l'agriculture sous tous ces aspects³⁴. Un ouvrage cependant se singularise : les *Annales agricoles de Roville* qui ont paru de 1824 à 1837³⁵. L'auteur rédige huit tomes de 1824 à 1832. En 1837, un supplément clôt ces *Annales*, Mathieu de Dombasle souhaitant effectuer un dernier bilan de ses travaux d'agronome. Même si la diffusion est moyenne (chaque volume est diffusé à environ mille exemplaires), il a communiqué, aux agriculteurs de toute la France, la plupart des travaux qu'il a menés sur son exploitation, afin d'apporter des exemples pratiques utilisables par les agriculteurs praticiens. Toutefois, la place des *Annales*

31. Arch. dép. Meurthe-et-Moselle, 7 M 37 et 7 M 8.

32. « Rapport à M. le Baron Séguier, préfet du département de la Meurthe, par M. Vautrin, [...], 17 décembre 1819 », dans C.-J.-A. Mathieu de Dombasle, *Mémoire sur la charrue...*, *op. cit.*, p. 72 et s.

33. Rapport du préfet de la Meurthe, 17 mars 1819, Arch. dép. Meurthe-et-Moselle, 7 M 8.

34. F. Knittel, *La diffusion d'une pédagogie agricole : les écrits de Mathieu de Dombasle*.

35. In-8° d'environ quatre à cinq cents pages plus quelques planches hors texte, considérées comme le « journal de l'exploitation » modèle : J. M. Wantz, *Mathieu de Dombasle et la ferme exemplaire de Roville* ; M. Duvigneau, *Les journaux d'agriculture pratique et d'économie rurale entre 1828 et 1848 : propagation des progrès agricoles dans la France des notables*.

agricoles de Roville au sein de la littérature agronomique de l'époque n'est pas originale au regard des productions européennes du temps³⁶.

De la fin des années 1940 au milieu de la décennie 1970, le rattrapage technologique et technique effectué par les mines françaises sur leurs modèles américains modifie les objectifs des missions d'observation outre-Atlantique. Les comptes-rendus des *Bulletins techniques* le montrent. Jusqu'à la fin des années 1950, les périples des cadres miniers et des ouvriers qui les accompagnent permettent de connaître les raisons des performances minières américaines afin de s'en inspirer pour arriver à des résultats similaires en France. Les performances des engins mécaniques utilisés par les mineurs américains servent d'abord à conforter les entrepreneurs miniers de Lorraine dans leur choix de la mécanisation intégrale ; le compte-rendu des deux voyages organisés en 1948 en témoigne :

« Il est difficile de résumer en quelques lignes les enseignements multiples qu'apporte un ensemble de visites de mines aussi variées et aussi intéressantes, mais nous estimons cependant qu'une idée maîtresse doit se dégager de la lecture de ce rapport : mécanisation à 100 %³⁷. »

Puis, rapidement, les personnels voyageurs prennent davantage de recul vis-à-vis des méthodes et de l'utilisation des machines américaines pour préciser les domaines qu'il reste encore à améliorer dans les différentes étapes de l'extraction et du transport du minerai lorrain :

« Si, depuis la guerre, une évolution rapide dans le domaine technique s'est manifestée dans les mines de fer de l'Est, nous avons à poursuivre les études pour une mise au point des méthodes d'exploitation parallèlement au développement de la mécanisation [...] de façon à améliorer les conditions de travail au quartier, tout en accroissant la sécurité³⁸. »

L'équipement mécanique des mines de Lorraine ayant beaucoup progressé, la protection des travailleurs dans l'utilisation des engins devient alors prioritaire. Cela ne signifie pas qu'elle était négligée auparavant, mais il devient nécessaire de la repenser : les galeries mécanisées recèlent de nouveaux dangers inconnus du temps du travail à main. L'amélioration des conditions de travail est également liée à une volonté de développer encore davantage la mécanisation. Ce projet implique de créer des quartiers où des engins de grands gabarits puissent se déplacer, principalement grâce au boulonnage du plafond des galeries³⁹. Le voyage de 1973 a un objectif précis :

« Le but essentiel de la mission était l'étude des chargeuses transporteuses de grande capacité⁴⁰. »

Désormais, les ingénieurs français affinent leurs observations. Le niveau technique américain n'étonne plus, comme l'indique cette remarque sur l'entretien des galeries qui confirme les impressions générales sur la proximité entre les engins et les méthodes des deux pays :

« Là non plus nous n'avons rien remarqué de très tranchant⁴¹. »

36. Par exemple, les *Möglinsche Annalen der Landwirtschaft* rédigées par A. Thaër ou encore les *Annales d'agriculture* d'A. Young, publiées en Angleterre de 1784 à 1809.

37. *BT*, n° 14, 1^{er} trimestre 1949, p. 62.

38. *Ibid.*, n° 30, 1^{er} trimestre 1953, p. 95.

39. *Ibid.*, p. 96.

40. *Ibid.*, n° 111, 2^e trimestre 1973, p. 59.

41. *Ibid.*, p. 60.

En 1975, les visites de mines américaines permettent néanmoins de s'intéresser de plus près à l'entretien, aux méthodes, au personnel et au matériel. Ce dernier point n'est pas central dans la motivation des voyageurs français. D'autant moins que certaines innovations françaises suscitent beaucoup d'intérêt chez les entrepreneurs américains :

« L'utilisation de gros engins diesel au fond semble très peu répandue et, même à Las Vegas, les représentants de Caterpillar-France étaient assaillis de demandes de renseignements sur l'introduction de leur matériel dans nos mines⁴². »

En somme, dans certains domaines de l'exploitation, les façons de travailler développées en France sont plus innovantes qu'aux États-Unis. Pour une période d'un quart de siècle environ, ces progrès ont accompagné une élévation du niveau technique des utilisateurs d'engins.

Mathieu de Dombasle passe également de la conception expérimentale à la réalisation de nouveaux outils. Après 1822, il fonde une fabrique d'instruments aratoires perfectionnés. Il y met au point divers types de charrues mais aussi d'autres instruments tels que le semoir mécanique. Les méthodes de fabrication sont innovantes : des « pièces usinées en série » sont utilisées pour la construction des charrues⁴³. Après l'« usinage », les machines sont testées sur l'exploitation afin de les perfectionner. Pour en faciliter la commercialisation, des catalogues sont édités et prennent place dans les *Annales agricoles de Roville* ou dans *Le Bon Cultivateur*. Le nombre d'ouvriers passe rapidement de quatorze à trente-cinq pour faire face aux commandes importantes : on compte trois mille deux cent dix charrues produites de 1823 à 1834 et, au total, près de six mille quatre-vingt-trois machines agricoles. Le prix des instruments fabriqués est modique : soixante-deux francs en 1823 pour une charrue avec un versoir en fer. Sachant qu'un garçon de labour est rémunéré cent francs par an en moyenne en 1789 et que le salaire des journaliers a subi une hausse de 136 % de 1790 à 1852, le prix des charrues est abordable, surtout pour un propriétaire ou un grand fermier, principaux clients⁴⁴. De plus, Mathieu de Dombasle n'a pas souhaité protéger ses améliorations par des brevets afin d'en faciliter une diffusion rapide partout en France et au-delà⁴⁵.

La recherche d'une meilleure formation

Mathieu de Dombasle a créé une ferme exemplaire pour y pratiquer une agriculture raisonnée. C'est pourquoi un Institut agricole est un élément essentiel à ses yeux pour former des chefs de domaine. La pratique inculquée par Mathieu de Dombasle est une pratique de choix et de direction des travaux agricoles. Pour lui, l'instruction agricole ne peut être donnée « qu'en présence des faits, à mesure qu'ils se présentent dans une exploitation⁴⁶ ». La théorie n'est rien si elle n'est pas vérifiée empiriquement. C'est une « clinique agricole » qui s'appuie sur l'expérience du praticien⁴⁷. L'observation, la pratique et l'expérience, ainsi définies, sont totalement intellectualisées, devenant une méthode empirique de compréhension de la nature. Une à deux fois par semaine, Mathieu de Dombasle fait une tournée sur le domaine de Roville et commente les

42. Le « mining show » de Las Vegas se déroule du 3 au 6 octobre 1974. Il s'agit d'un salon du matériel minier américain. *Ibid.*, n° 118, 1^{er} trimestre 1975, p. 5.

43. F. Knittel, L'organisation du travail dans une ferme-exemplaire, vers 1810-1843.

44. C. Guyot, *Rapport sur l'état de l'agriculture en Lorraine, 1789-1889*.

45. A. D. M. M., 7 M 185, instruments agricoles, extension en France et en Guyane de l'usage de la charrue de Mathieu de Dombasle, 1822-1843.

46. C.-J.-A. Mathieu de Dombasle, Réflexions sur quelques branches de l'enseignement public en France, dans *Œuvres diverses*.

47. « Lorsqu'il a été reçu docteur, il lui reste à devenir médecin... » : C.-J.-A. Mathieu de Dombasle, *Enseignement public agricole. Écoles d'arts et métiers*.

différents travaux observés tandis que les élèves le questionnent : c'est une « observation dirigée » par laquelle Mathieu de Dombasle développe « l'intelligence des faits agricoles⁴⁸ ».

La recherche d'une meilleure formation des mineurs préoccupe également les missionnaires patronaux. D'autant plus qu'ils estiment que :

« La formation des cadres et du personnel est réputée être l'une des préoccupations dominantes de l'industrie américaine en général⁴⁹. »

Les méthodes américaines sont transposées dans les centres d'apprentissage mais aussi dans les écoles d'application des techniques minières. En effet, elles sont perçues comme étant à l'origine de progrès décisifs dans certains secteurs fondamentaux du travail minier :

« Les résultats obtenus dans le domaine de la sécurité et de la productivité [...] sont probants et les Américains les attribuent [...] à l'application de ces programmes [de formation des professionnels]⁵⁰. »

Les possibilités de progression hiérarchique ont marqué les ingénieurs qui voyagent aux États-Unis :

« Le porion américain provient presque toujours du rang et ne reçoit que rarement une formation systématique autre que celle que tout bon ingénieur doit donner à ses agents de maîtrise. Autre fait marquant pour le visiteur d'une mine américaine : le porion a de grandes chances de s'élever aux échelons supérieurs du commandement⁵¹. »

Ces observations entraînent, en France, le développement des cours complémentaires pour les ouvriers souhaitant devenir contremaîtres. Néanmoins, l'accès au corps des ingénieurs des mines sans être passé par une grande école continue d'être rare⁵². Les barrières institutionnelles et mentales françaises s'ajoutent à des aspects plus pratiques et techniques (temps de formation à haut niveau) pour rendre très difficile une telle progression hiérarchique. Dans les années 1950, les quelques responsables miniers lorrains qui ont adapté les méthodes de formation américaines sont très satisfaits :

« Nous nous devons de signaler ici que cinq ou six exploitants des mines de fer de Lorraine convaincus de l'efficacité de la méthode FPC (Formation Pratique des Chefs) dérivée directement du TWI, l'ont mise en application pour perfectionner leur maîtrise. Les premiers résultats sont très encourageants, tant sur le plan technique que pour la création d'un climat d'entente et de collaboration à l'intérieur de l'entreprise⁵³. »

Deux décennies plus tard, la généralisation de méthodes de management inspirées de celle utilisées aux États-Unis rapproche les mines américaines et françaises bien que les possibilités d'évolution de carrière ont été limitées par les difficultés rencontrées par l'industrie minière dès le début des années 1960. Dès cette époque, les licenciements et les restructurations d'entreprises s'accompagnent d'une recherche encore plus marquée d'économies de fonctionnement. Les programmes de formation sont moins

48. Pour reprendre une phrase de R. Blais : « On peut sans risque d'erreur voir en lui un fondateur de la pédagogie active » : R. Blais, Mathieu de Dombasle (1777-1843). Cf. M. Benoît et F. Knittel, De la conférence agricole au tour de plaine : naissance d'une pratique de pédagogie agronomique.

49. *BT*, n° 30, 1^{er} trimestre 1953, p. 29.

50. *Ibid.*, n° 34, 1^{er} trimestre 1954, p. 50.

51. *Ibid.*, n° 30, 1^{er} trimestre 1953, pp. 29-30.

52. *Ibid.*, p. 30.

53. La méthode TWI (*Training Within Industry*) repose sur la formation des contremaîtres. *Ibid.*, p. 29.

systématiques, notamment avec la disparition de l'apprentissage et le recrutement sporadique d'ouvriers déjà formés. Seuls les stages liés à la sécurité du travail continuent d'être organisés très régulièrement. De même, les actions de formation sur certains matériels se poursuivent. La construction sous licence et surtout la création de machines minières françaises prouvent l'existence d'une autre forme de diffusion de l'innovation. Cette dernière s'accompagne d'une connaissance empirique et pratique du fonctionnement des engins miniers dont les ouvriers se servent pour maîtriser au mieux leurs machines.

L'adaptation à l'innovation

L'utilisation des matériels miniers participe aussi à la diffusion de l'innovation. Les ouvriers qui sont aux commandes des engins doivent les connaître pour les employer au mieux. De même, ils s'intéressent au fonctionnement des moyens mécaniques qui sont à leur disposition. Leur expérience du travail mécanisé peut même leur servir à imaginer des améliorations techniques qui seront rapidement prises en compte si elles sont efficaces. Le contenu de la revue bimestrielle *Faire équipe*, principalement destinée aux agents de maîtrise et éditée par le service technique de Briey, l'atteste. Toutefois, les porions comme les autres mineurs y font insérer des articles sur les astuces d'adaptation des machines et de sécurité qu'ils ont testées au niveau de leur exploitation. Les lecteurs profitent alors des expériences réussies de leurs homologues mineurs. Ce type de diffusion de l'innovation est d'autant plus intéressant que les matériels miniers sont souvent modifiés pour s'adapter aux conditions du gisement. Ces dernières pouvant facilement varier car les caractéristiques géologiques ne sont pas les mêmes dans toutes les galeries : les chutes de blocs, la dureté de la roche, la hauteur du plafond et l'humidité sont des paramètres qui peuvent nécessiter l'adaptation des engins pourtant déjà conçus pour une utilisation dans un environnement souterrain difficile. Ainsi, les jumbos de foration sont adaptés après des études entreprises par les ingénieurs des mines. Mais ils sont également améliorés à la suite d'observations effectuées par les ouvriers⁵⁴.

La construction de machines minières dérivées de celles existant aux États-Unis complète cette adaptation ouvrière des engins. La Société pour l'étude du chargement mécanique dans les mines de Lorraine (SECM)⁵⁵ est ainsi une entreprise fondamentale pour le fonctionnement des mines mécanisées :

« Pour faire face aux besoins d'entretien de cette véritable cavalerie d'engins, la SECM ouvre à Briey, en 1952, un magasin central de pièces de rechange où toutes les mines peuvent acquérir sur place, à un prix coopératif, tout le matériel spécifique utilisé⁵⁶. »

Ensuite, la construction sous licence se développe : la chargeuse joy est fabriquée en France dès la même période.

La CGT des mineurs de fer ne s'oppose pas à la mécanisation intégrale. En revanche, son action consiste à contester toutes les mesures liées à l'utilisation systématique des engins qui pourraient nuire à la relative liberté professionnelle des mineurs. Leur métier permettait traditionnellement, c'est-à-dire au temps du travail à main, d'avoir une marge de manœuvre importante vis-à-vis de l'encadrement : le choix des équipiers et des équipements revenait à l'artisan-mineur qui dirigeait un groupe d'hommes dont les salaires dépendaient étroitement de leurs capacités professionnelles. On a longtemps parlé de l'art du mineur. Cette expression est d'autant plus judicieuse que les tâches effectuées au fond de la mine nécessitent beaucoup de précautions :

54. A. Simonis, *Mineurs de fer. Gueules jaunes et fiers de l'être*, p. 78.

55. Elle a été créée en 1927 après des visites d'ingénieurs des mines lorrains dans des exploitations américaines.

56. J. A. Varoquaux, *op. cit.*, p. 103.

« Dans la mine, chacun doit être artisan, doit bien faire son travail, s'il ne veut pas mettre en danger sa propre vie, mais aussi celle des autres⁵⁷. »

La mécanisation ne supprime pas les dangers mais engendre de nouvelles conditions de travail. De nouvelles difficultés apparaissent à tous les stades de la production. Elles concernent le domaine sanitaire : « Au chargement mécanique, il y a beaucoup plus de poussière qu'avec le chargement à main », « on travaille toujours dans le bruit⁵⁸ ». Elles s'expriment également par rapport aux cadences de travail qui lient fortement tous les postes du fond :

« Il y a des fois où la joy vous court derrière. La chargeuse va trop vite. Alors, on vous rebat les oreilles : plus vite, plus vite⁵⁹. »

Aussi, la CGT remet en cause les rythmes imposés par l'encadrement sur des machines⁶⁰. Pour l'organisation qui défend les ouvriers :

« La mécanisation [doit être] au service des mineurs et non au profit du patronat minier⁶¹. »

Les luttes syndicales permettent une amélioration des cadences de travail : des temps de pause sont aménagés. Du milieu des années 1960 à 1975, le contexte économique change alors que le perfectionnement technologique se poursuit. Les rythmes de travail ne sont plus les mêmes que dans les années 1950. L'innovation est alors totalement acceptée car ses effets les plus négatifs et les plus visibles ont été atténués, voire supprimés.

Au début du XIX^e siècle, le travail du laboureur est lui aussi contraignant. La charrue « Dombasle » est plus facile à diriger, la force physique semble donc moins nécessaire à sa conduite qu'une certaine finesse d'exécution dans les gestes qui permettent de la guider. Mathieu de Dombasle évoque même « un instrument sensible », pour la conduite duquel « il faut réellement quelque habitude pour découvrir, lorsque la charrue va mal, quelle correction il faut y apporter [...] »⁶². D'après M. Comte, cultivateur à Flin, « cet instrument est moins fatiguant [...] il n'exige que de l'attention, mais point d'effort de la part de celui qui tient les manches⁶³ ». Tous les témoignages d'utilisateurs de la charrue « Dombasle » sont en accord : la charrue permet une grande économie d'efforts mais requiert plus d'adresse et une habitude dans son maniement⁶⁴. Si les témoignages sont favorables, ils révèlent aussi une adaptation délicate des paysans quant au maniement de l'instrument aratoire. Le laboureur doit alors plier son corps à de toutes nouvelles postures de travail et modifier tout le « sens technique⁶⁵ » acquis lors de son apprentissage avec une autre charrue. « La difficulté [pour le paysan] de plier son corps à de nouvelles attitudes⁶⁶ » a été un obstacle important à l'usage de la charrue « Dombasle ». En effet, « un emprunt technique est facilité lorsqu'il ne nécessite pas une nouvelle attitude corporelle⁶⁷ ». Aussi, pour convaincre des performances de sa charrue, Mathieu de Dombasle a-t-il dû proposer des démonstrations au champ où le valet de charrue Bastien, habitué à l'instrument, a pu le faire fonctionner efficacement.

57. A. Kassapi, *L'art de travailler au fond de la mine*. Enquête à Kassandra en Grèce du Nord.

58. Ouvrier de la mine de Boulange (Moselle) et mineur d'Audin-le-Tiche (Moselle) cités par H. Courval, *Les mineurs de fer de Lorraine*, p. 33.

59. Foreur de Tucquegnieux (Meurthe-et-Moselle) interviewé par H. Courval, *ibid.*, p. 34.

60. P. Raggi, *Temps des mineurs, temps des ingénieurs dans les mines de fer de Lorraine (1945-1975)*.

61. Titre à la une du *Sous-Sol lorrain*, n° 156, avril 1960.

62. C.-J.-A. Mathieu de Dombasle, *Mémoire sur la charrue...*, *op. cit.*, p. 50-51.

63. Lettre de M. Comte, cultivateur à Flin, près de Lunéville (Meurthe), du 10 décembre 1825, in Mathieu de Dombasle, *Annales agricoles de Roville*, t. III, 1826, p. 337.

64. Par exemple, Lettre de M. Grand Jean, propriétaire à Richardménil, près de Nancy, du 30 décembre 1825, *ibid.*, p. 311.

65. Ch. Dejours, *Subjectivité, travail et action*, p. 9.

66. A. G. Haudricourt et M. Jean-Brunhes Delamare, *op. cit.*, p. 49.

67. *Ibid.*

Enfin, pour revenir aux mineurs, certaines pratiques nouvelles ont eu des conséquences dramatiques sur leur santé. Par exemple, le remplacement de l'explosif à oxygène liquide par le nitrate-fuel a dégradé l'atmosphère des galeries. La reconnaissance des maladies professionnelles a pourtant eu du retard par rapport à l'apparition des pathologies les plus délicates à mettre en évidence : principalement la bronchite chronique, la sidérose et le cancer des poumons⁶⁸.

La « charrue Dombasle » n'est donc pas un outil si « révolutionnaire. » En revanche, du fait d'une large diffusion durant les années 1820-1850, cette charrue peut être considérée comme une innovation majeure.

Plus d'un siècle plus tard, dans les mines de fer, le changement de système technique transforme le travail du mineur. Toutefois, cette innovation ne peut se résumer à une avancée complètement positive. Le caractère pénible et dangereux de la profession évolue, il ne disparaît pas. Les nouvelles méthodes de travail diminuent l'effort physique et réduisent le nombre d'accidents. Mais, leur application engendre aussi l'apparition de nouveaux risques pour la santé. Une autre forme d'innovation aurait peut-être pu prendre davantage en compte l'aspect sanitaire afin de mieux protéger les personnels.

Ainsi, ces limites montrent qu'« il ne saurait exister du même coup de voie royale de l'innovation⁶⁹ ». Plusieurs catégories d'acteurs peuvent alors être identifiées⁷⁰ : les précurseurs, c'est-à-dire souvent les inventeurs comme Mathieu de Dombasle et certains ingénieurs des mines, les suiveurs, les retardataires et, en dernier lieu, les opposants.

Résumé

Les mécanismes de l'innovation technique, les modalités de sa diffusion ainsi que les résistances au processus innovant possèdent des spécificités propres selon l'époque et les secteurs d'activités envisagés. Mais, inversement, il existe aussi des points communs. Cette dialectique est étudiée ici à travers l'étude comparative, dans l'espace lorrain, d'un travail d'agronome au début du XIX^e siècle et de la mécanisation dans les mines de fer pendant les années 1950.

En 1819, l'agronome lorrain Mathieu de Dombasle (1777-1843) fait construire une charrue sans avant-train, plus efficace que celle qui en est munie et qui est ordinairement utilisée par les paysans. Dès lors, il est reconnu comme inventeur. Ainsi, il est l'héritier des agronomes concepteurs de matériels agricoles qui œuvrent depuis le Moyen Âge. Pourtant, l'agronomie de Mathieu de Dombasle ne doit pas être réduite à cette pseudo-invention : la littérature technique, l'enseignement et la fabrication « en série » de ses matériels en font un réel innovateur. Dans les années 1950, les ingénieurs des mines de fer de Lorraine mettent en place de nouveaux procédés de travail grâce à la mécanisation intégrale. Toutefois, les changements apportés, qui permettent notamment aux mineurs de diminuer leurs efforts physiques, n'ont pas été immédiatement acceptés. Les ouvriers leur ont reproché de mettre en cause certaines formes traditionnelles du travail minier. Cette réflexion comparative pose la question du rôle de l'innovation agronomique et industrielle au sein de secteurs fondamentaux pour l'économie à deux époques différentes.

Le *Mémoire sur la charrue* (1821) est la source principale de notre analyse de l'agronomie de Mathieu de Dombasle. L'utilisation des revues scientifiques et techniques où sont publiés les articles des ingénieurs des mines, les témoignages ouvriers contemporains de ces transformations et ceux recueillis après la fermeture des mines constituent également notre documentation.

68. Voir P. Raggi, *Les mineurs de fer au travail (1945-1975). Les évolutions du travail ouvrier dans les mines de fer de Lorraine*, p. 229-297.

69. A. Picon, *op. cit.*, p. 532.

70. P. Diederer *et al.*, Innovation adoption in agriculture : innovators, early adopters and laggards.

Bibliographie

Sources

Arch. dép. Meurthe-et-Moselle, 7 M 8, 7 M 37, 7 M 185.

Bibl. Mun. Nancy, Ms non coté, Lettres de Mathieu de Dombasle.

Bulletin technique des mines de fer, n° 11, 2^e trimestre 1948, n° 14, 1^{er} trimestre 1949, n° 30, 1^{er} trimestre 1953, n° 34, 1^{er} trimestre 1954, n° 111, 2^e trimestre 1973, n° 118, 1^{er} trimestre 1975.

GUYOT Claude, *Rapport sur l'état de l'agriculture en Lorraine, 1789-1889*, Nancy, 1889.

HÉRICART DE THURY M., *Rapport sur le mémoire de Mathieu de Dombasle, concernant la charrue, Mémoires de la Société centrale d'agriculture, séances du 15 décembre 1819 et du 16 février 1820*, Paris, Mme Huzard, 1821.

Le Sous-Sol lorrain, n° 69, août 1955, n° 156, avril 1960.

MATHIEU DE DOMBASLE Christophe-Joseph-Alexandre, *Mémoire sur la charrue considérée principalement sous le rapport de la présence ou de l'absence de l'avant-train, Mémoires de la Société centrale d'agriculture*, Paris, Mme Huzard, 1821.

MATHIEU DE DOMBASLE Christophe-Joseph-Alexandre, *Annales agricoles de Roville, 1824-1837*, 9 t.

MATHIEU DE DOMBASLE Christophe-Joseph-Alexandre, *Œuvres diverses*, Paris, 1843.

MATHIEU DE DOMBASLE Christophe-Joseph-Alexandre, *Enseignement public agricole. Écoles d'arts et métiers*, Paris, Vve Bouchard-Huzard, 1861.

ROZIER François (abbé), *Cours complet d'agriculture, théorique, pratique, économique, et de médecine rurale et vétérinaire*, t. 3, Paris, 1783.

SINCLAIR John, *L'agriculture pratique et raisonnée*, trad. Mathieu de Dombasle, Paris, Mme Huzard, 2 vol., 1825.

THAËR ALBRECHT Daniel, *Description des nouveaux instrumens d'agriculture les plus utiles*, trad. Mathieu de Dombasle, Paris, Mme Huzard, 1821 (1^{re} éd. allemande 1808, *Beschreibung der nutzbarsten neuen ackergeräthe*).

THAËR ALBRECHT Daniel, *Principes raisonnés d'agriculture*, Paris, éd. J.-J. Prechoud, 1811-1816.

THOUIN André, *Nouveau cours complet d'agriculture*, 1809, Paris, Institut de France, t. III.

Ouvrages

BENOIT Marc et KNITTEL Fabien, *De la conférence agricole au tour de plaine : naissance d'une pratique de pédagogie agronomique*, dans *Les entretiens du Pradel (1^{re} édition)*,

Actes du colloque international « Autour d'Olivier de Serres : pratiques agricoles et pensée agronomique » (28-30 septembre 2000), comptes-rendus de l'Académie d'agriculture de France, vol. 87, n° 4, 2001, p. 105-112.

BLAIS Roger, Mathieu de Dombasle (1777-1843), dans *Hommage de la Lorraine à la France, 1766-1966*, Académie de Stanislas, Nancy, 1966, p. 161-165.

BOURDE André Jean, *Agronomie et agronomes au XVIII^e siècle*, Paris, SEVPEN, 1967, 3 vol.

CARON François, L'innovation et l'histoire. Introduction, *Histoire, Économie, Société*, 1987-2, p. 149-154.

CHAUVEAU Jean-Pierre, CORMIER-SALEM Marie-Christine et MOLLARD Éric, dir., *L'innovation en agriculture. Questions de méthodes et terrains d'observation*, Paris, IRD éd., 1999.

COMET Georges, *Le paysan et son outil. Essai d'histoire technique des céréales (VIII^e- XV^e siècles)*, Paris/Rome, École française de Rome, 1992.

COURVAL Hélène, Les mineurs de fer de Lorraine, *Économie et politique*, n° 58, mai 1959.

DEJOURS Christophe, Subjectivité, travail et action, *La Pensée*, n° 328, oct.-nov.-déc. 2001, p. 7-19.

DIEDEREN Pieter, VAN MEIJL Hans, WOLTERS Arjan et BIJAK Katarzyna, Innovation adoption in agriculture : innovators, early adopters and laggards, *Cahiers économie et sociologie rurales*, n° 67, 2003, p. 29-50.

DUVIGNEAU Marion, *Les journaux d'agriculture pratique et d'économie rurale entre 1828 et 1848 : propagation des progrès agricoles dans la France des notables*, thèse d'archiviste-paléographe, Paris, École des Chartes, 1991, 3 vol.

FLICHY Pascal, *L'innovation technique. Récents développement en sciences sociales. Vers une nouvelle théorie de l'innovation*, Paris, La Découverte, 1995.

GAUDIN Thierry, De l'innovation à l'évaluation technologique, *Annales des Mines*, oct.-nov. 1974, p. 7-10.

HAUDRICOURT André Georges et JEAN-BRUNHES DELAMARE Marielle, *L'homme et la charrue à travers le monde*, Paris, 1955, rééd. Renaissance du Livre, 2000.

KASSAPI Athena, L'art de travailler au fond de la mine. Enquête à Kassandra en Grèce du Nord, *Ethnologie française*, vol. 31, 2001, 3, p. 423-430.

KLEMM V. et MEYER G., *Albrecht Daniel Thaër. Pionier der Landwirtschaftswissenschaften in Deutschland*, Halle, Max Niemeyer Verlag, 1968.

KNITTEL Fabien, La diffusion d'une pédagogie agricole : les écrits de Mathieu de Dombasle, *Annales de l'Est*, 2002-1, p. 131-143.

KNITTEL Fabien, L'organisation du travail dans une ferme-exemplaire, vers 1810-1843, *Annales de l'Est*, 2006-1, dans *L'agronomie en Lorraine au début du XIX^e siècle. Autour de*

- Mathieu de Dombasle*, Actes du colloque Mathieu de Dombasle, Paris, CTHS, 127^e congrès, Nancy, 15-20 avril 2002, p. 18-35.
- KNITTEL Fabien, *Mathieu de Dombasle. Agronomie et innovation 1750-1850*, thèse d'histoire sous la direction de S. Mazauric, université de Nancy II, INRA-SAD, 2007, dactyl. 546 p. (à paraître aux PUF en 2009).
- MANICHON Hubert, Le profil culturel. Une perspective nouvelle pour l'analyse du travail du sol, *Mélanges Stéphane Hénin, Sol-agronomie-Environnement*, Paris, éd. de l'Orstom, 1993, p. 75-82.
- MINGAY Gordon E., dir., *The Agrarian History of England and Wales*, vol. VI (1750-1850), Cambridge University Press, 1989.
- PAILLET Antoine, *Archéologie de l'agriculture moderne*, Paris, éd. Errance, 2005.
- PICON Antoine, Construction sociale et histoire des techniques, *Annales histoire, sciences sociales*, mai-juin 1995, n° 3, p. 531-535.
- RAGGI Pascal, Temps des mineurs, temps des ingénieurs dans les mines de fer de Lorraine (1945-1975), dans C. Mazauric, dir., *Temps social, temps vécu*, 129^e congrès, Besançon, 2004, Paris, CTHS, 2007.
- RAGGI Pascal, *Les mineurs de fer au travail (1945-1975). Les évolutions du travail ouvrier dans les mines de fer de Lorraine*, thèse d'histoire contemporaine, université de Nancy II, 2006, 593 p.
- SCHUMPETER Joseph Aloïs, *Business Cycles*, New York, London, MacGraw Hill, 1939.
- SIMONIS André, *Mineurs de fer. Gueules jaunes et fiers de l'être*, Metz, éditions Serpenoise, 1996.
- VAROQUAUX Jean Arthur, *Histoire d'une profession : les mines de fer de France*, Paris, Chambre syndicale des mines de fer de France-UIMM éditions, 1995.
- WANTZ Jean-Marie, *Mathieu de Dombasle et la ferme exemplaire de Roville*, maîtrise d'histoire, université de Nancy II, dactylographiée, 1971.