

4. Discussion : deux enjeux majeurs de l'apprentissage profond

L'apprentissage profond aborde les problèmes de l'apprentissage statistique d'un point de vue concret, guidé par la mise en œuvre pratique d'idées relativement intuitives. Cependant, la nécessité de lutter contre les problèmes de dimension et de représentativité des données requiert de travailler sur des espaces de représentations éloignés des caractéristiques connues (visibles, immédiatement compréhensibles) des phénomènes produisant ces données. Elle impose d'employer des modèles finalement complexes, dont l'implémentation n'est pas aisée et doit faire appel à des techniques d'approximation et le recours à une forte puissance de calcul. Ces difficultés opératoires s'accompagnent donc de deux problématiques d'importance grandissante, qui ne sont pas abordées dans l'ouvrage mais nous semblent aujourd'hui fondamentales pour une adoption raisonnée de l'AP :

- les enjeux du coût environnemental de la mise en œuvre de ces algorithmes au sein de plateformes d'intelligence artificielle ;
- les enjeux liés à l'intelligibilité du traitement des données et des décisions intégrées à ces plateformes.

4.1. Enjeux environnementaux

4.1.1. Les coûts déraisonnables du calcul

L'utilisation des méthodes et outils de l'apprentissage profond requiert aujourd'hui des ressources de calcul élevées. À titre d'exemple, l'entraînement d'un modèle ResNet²² à 152 couches sur le jeu de données ImageNet composé de plusieurs millions d'images nécessite une centaine d'épochs (itération sur l'ensemble des images)(He et al., 2016). Cela correspond à une dizaine de jours d'entraînement sur une carte graphique classique de type Nvidia GeForce GTX 1080 Ti. L'élaboration de modèles de TAL pour un large public, comme BERT ou XLNET, est particulièrement gourmand en énergie (Strubell et al., 2020). L'usage soutenu des solutions *cloud*, popularisées par les facilités offertes par les plateformes de traitement délocalisées des *cloud providers* (AWS, Microsoft, Google...)²³, se traduit par une forte consommation d'électricité (Mastelic et al., 2014). On estime qu'entre 2013 et 2030, la part de consommation énergétique mondiale dédiée au fonctionnement de ces centres de stockage et de calcul, passera de 1.4% à 20% (Andrae et Edler, 2015; Jones, 2018), et qu'en conservant ce rythme de développement cette industrie sera responsable de 14% des émissions mondiales de gaz à effet de serre en 2040 (Vidal, 2017). Marquant les esprits, un travail récent estime que l'empreinte carbone liée à l'entraînement de modèles algorithmiques profonds utilisés en traitement du langage naturel est cinq fois plus forte que celle d'une voiture durant sa période moyenne d'utilisation (Strubell et al., 2020).

4.1.2. À la recherche de solutions sobres

S'il est nécessaire de modérer ces pourcentages en objectant que le minage de cryptomonnaies et les utilisations ludiques (ex. : streaming) contribuent de façon prépondérante à cette empreinte carbone, le développement de technologies d'intelligence artificielle faiblement

22. Le ResNet (*Residual Network*) est un RNC célèbre pour avoir remporté le challenge ILSVRC en 2015 (He et al., 2016).

23. On peut regretter qu'aucune plateforme européenne n'ait aujourd'hui émergé, ce qui n'est pas sans poser des problèmes de souveraineté ; le projet européen GAIA-X vise à combler ce déficit, avec un lancement prévu en 2021 : <https://www.data-infrastructure.eu>.

gourmandes en ressources de calcul répond à une double nécessité de rentabilité (Cente-meri, 2009) et d'opérationnalité. Certaines approches prédictives actuelles, telles la lecture d'images médicales issues de scanners 3D, nécessitent encore plusieurs minutes ; l'adoption technologique en est retardée. Le développement de matériels spécifiques, voire la modification de paradigmes de calcul (tels les calculs optique et quantique), associé à celui de techniques d'« élagage* » (*pruning*) de modèles d'AP (Molchanov et al., 2017), de réutilisation de résultats localisés d'entraînement (*adaptive deep reuse* ; Ning et al., 2019) et d'exploitation optimisée des données lors des phases préliminaires de l'entraînement (*data echoing* ; Choi et al., 2020), offrent des perspectives *a priori* prometteuses explorées par des laboratoires publics et privés. La forte réduction depuis 2013 des coûts de calcul vectoriel au sein des CPU classiques (*Central Processor Units*) (Gottschlag et al., 2020), celle des coûts de calcul matriciel dans les GPU (*Graphical Processor Units*) (Navarro et al., 2020) peuvent laisser penser que les équipementiers (ex. : Intel, Nvidia, Microsoft, etc.) ont progressivement cessé de suivre les besoins des utilisateurs. C'est toutefois encore à modérer : la plupart des technologies régulièrement produites par ces fournisseurs restent très chères et énergivores et s'adressent généralement à un large public²⁴. Le pari fait par ces entreprises, telle Google et sa récente TPU (*Tensor Processor Unit*), est d'apporter une réponse à des problématiques de performance et de coût très ciblées, sur des typologies d'applications relativement restreintes. S'ils ont aujourd'hui des consommations électriques équivalentes à celles des GPU, les TPU proposent une efficacité bien supérieure dans des domaines très spécifiques et constituent des réponses moyen terme à la consommation d'énergie. Il convient également d'ajouter d'importants progrès réalisés ces dernières années sur les plateformes logicielles et les compilateurs* auxquels elles font appel, élaborés de façon à réduire les temps d'entraînement et d'inférence. Les approches de calcul distribué pour l'entraînement, qui trouvent racine dans l'univers du HPC (*High Performance Computing*), sont ainsi de plus en plus optimisées²⁵.

4.1.3. Des optimisations croisées

Ces différentes optimisations croisées, méthodologiques, logicielles et matérielles, sont généralement difficiles à appréhender simultanément (sinon au travers d'ouvrages transverses comme le travail de référence de Ezratty (2018)) et apparaissent aujourd'hui d'autant plus importantes dans le contexte de déploiement de technologies 5G à l'échelle mondiale. La problématique des calculs délocalisés (*edge intelligence*), favorisant *a priori* la protection des identités privées, est particulièrement explorée. Ainsi, *l'apprentissage fédéré* (Bonawicz et al., 2019), qui consiste à traiter des calculs en local et remonter des résultats et une mise à jour des modèles, constitue l'une des pistes applicatives les plus discutées depuis deux ans dans les conférences internationales comme NeurIPS. Les problèmes posés par des qualités de données inégales, peu ou non contrôlées (et qui ne sont pas sans rappeler des difficultés constatées en *science participative* (Wiggins et al., 2011)), voire inconnues de l'utilisateur final, sont autant de pistes de recherche (Augenstein et al., 2020), dont l'une des contraintes permanentes est la sobriété énergétique.

4.2. Enjeux d'intelligibilité

24. Outre les spécialistes de la donnée, les *gamers* constituent un marché florissant.

25. Citons par exemple Treelite, TVM et des plateformes comme Horovod pour le calcul distribué, ou encore OpenVino pour les problèmes de vision par ordinateur. Voir Mosavi et al. (2019) pour plus d'information.

4.2.1. Un enjeu de certification

L'intelligibilité au sens large des modèles d'AP est devenue, ces dernières années, une question récurrente des utilisateurs finaux – que ceux-ci soient des décideurs ou des praticiens – mobilisant fortement les sciences appliquées et humaines (Weld et Bangal, 2019; Abdul et al., 2018). Ce problème s'étend au cadre plus global des IA connexionnistes. En effet, une technologie d'IA peut être vue comme un ensemble d'outils permettant d'automatiser une prise de décision, reproduisant ou mimant éventuellement une action humaine, et en augmentant certains effets (gain de temps et de précision en particulier). La localisation des données et des modèles entraînés en est une caractéristique fondamentale : *on premise*, *cloud*, *on edge*, etc. D'une manière générale, les modèles d'AP sont des outils de calcul implémentant des relations causales connues ou postulées (dynamiquement ou non) à partir de données. La prise de décision engendrant la réalisation d'un ensemble de tâches, produisant des sorties à partir d'entrées, une IA moderne fondée sur l'AP peut être assimilée à un procédé technique de transformation, susceptible d'être qualifié, certifié, reproduit, breveté. Autant de problématiques concrètes et majeures qui concernent tous les secteurs d'activité.

En Europe, la mise en application du Règlement général sur la protection des données (RGPD) à partir de mai 2018 a fortement contribué à cristalliser des questions portant sur le comportement de ces modèles, des algorithmes auxquels ils sont incorporés et de la pertinence des données elles-mêmes. D'une manière générale, on souhaite pouvoir expliquer le comportement des procédés technologiques opérant automatiquement à partir des données, ainsi que déterminer le caractère « raisonnable » de ces données. Ces interrogations légitimes parfois regroupées sous le mot-valise *intelligibilité* ont encore à être précisées au moyen d'une sémantique clarifiée (éthique, asymétrie d'information, justesse, loyauté, etc.), tâche entreprise entre autres par Pégny et Ibnouhsein (2018), Besse et al. (2019), Bertail et al. (2019) et Pégny et al. (2019).

4.2.2. Écueils sémantiques et culturels

Ainsi, selon Pégny et Ibnouhsein (2018) et Besse et al. (2019), une décision algorithmique sur une situation est dite *explicable* s'il est possible d'en rendre compte explicitement à partir de données et caractéristiques connues de la situation – c'est-à-dire s'il est possible de mettre en relation les valeurs prises par certaines variables x et leurs conséquences sur la prévision y , et ainsi sur la décision. Elle est par ailleurs dite *interprétable* s'il est possible d'identifier les variables qui participent le plus à la décision, voire même d'en quantifier l'importance.

En pratique, deux typologies de problèmes sont fréquemment rencontrées.

- Des *problèmes introspectifs*, liés à des besoins très spécifiques, qui portent sur la compréhension des concepts « appris » par les modèles d'AP. Ainsi, dans le contexte du traitement automatisé d'images, les méthodes de *feature visualization* (FV, ou *saliency methods* (Denadai, 2018)) permet d'analyser les variables présentes dans les couches internes d'un réseau de neurones (c'est-à-dire les concepts appris) (Wei et al., 2015; Szegedy et al., 2015). La visualisation des interactions entre neurones est également un problème classique (Zhang et Zhu, 2019). L'interprétation des associations opérées par les techniques de traitement automatisé du langage naturel (écrit, parlé...) connaît un essor important (Spille et al., 2018; Akbari et al., 2019), parallèlement au développement toujours plus rapide des solutions de TAL grand public citées plus haut (BERT, XLNet...).
- Des *problèmes comportementalistes*, qui traitent de la compréhension des facteurs d'in-

fluence (d'une prévision, d'une classification...) détectés par les algorithmes. Ce type de problème très générique peut avoir une déclinaison *locale* (Guidotti et al., 2018), en s'intéressant au traitement spécifique d'un bloc de données (tels, par exemple, des clients « proches » qui se sont vus refuser ou octroyer un crédit), ou *globale* (ex. : comment expliquer une frontière de classification). De nombreuses méthodes globales existent, telles LIME ou SHAP (voir par exemple Gevrey et al. (2003) et Hénin et Le Métayer (2019b); Bénard et al. (2019) pour des revues), qui tirent en général parti de perturbations des données initiales (notons que des approches par rétropropagation, spécifiques aux réseaux de neurones profonds et plus rapides, sont également utilisées (Castillo et al., 2006)). Remarquons par ailleurs que de récents travaux appliqués au traitement d'images visent à proposer des solutions mixtes, tels les *Semantic Dictionaries* (Olah et al., 2018) : chaque neurone ayant une contribution importante dans la prévision est représenté en utilisant une méthode de FV.

Notons également que l'étude de l'explicabilité et l'interprétabilité d'un modèle est souvent *post-hoc* – consécutive à la conception de ce modèle – ce qui n'est pas sans poser de sérieuses difficultés de rigueur (Laugel et al., 2019). Reprenant l'antagonisme connu entre explicabilité et qualité en prévision d'un modèle (Shmueli et Koppius, 2009), la communauté de l'apprentissage profond débat intensément sur la pertinence d'un tel paradigme (Lipton, 2018; Krishnan, 2019), tout en reconnaissant que l'interprétabilité est généralement indispensable pour un emploi maîtrisé des systèmes à base d'AP. La conception de systèmes directement interprétables, fortement soutenue par Rudin (2019), et qui s'appuie principalement sur des modèles de règles et d'arbres logiques, connaît aujourd'hui un nouvel engouement (Genewein et al., 2020), même si elle est loin d'être encore mature.

Enfin, au contact des applications et des donneurs d'ordre, nous constatons que les problèmes d'intelligibilité se heurtent à deux écueils majeurs : la représentation de l'information, relative là encore à un choix de sémantique, lui-même dépendant de caractéristiques culturelles (ainsi, un spécialiste saura comprendre et valider une certaine abstraction restreinte à son champ d'expertise) ; et un cloisonnement préjudiciable entre disciplines scientifiques. Ce second aspect est particulièrement marqué lorsqu'on s'intéresse aux problèmes comportementalistes. Ainsi, les problèmes d'intelligibilité locale peuvent être interprétés comme des problèmes de *déplacement minimal* de données : comment et pourquoi une donnée peut-elle être classée dans une catégorie A plutôt que B ? Au-delà d'exhiber des exemples dits *contrefactuels*, visant à « berner » le classifieur et tester sa robustesse (Mothilal et al., 2020) (Figure 8), il faut déterminer comment cette donnée se déplace d'une classe à l'autre, dans un certain espace mathématique ; il s'agit de la résolution d'un problème de transport optimal (Gordaliza et al., 2019).

4.2.3. Vers une démarche unificatrice ?

La détermination de l'intelligibilité locale ou globale d'un modèle complexe, au sens de la communauté du *machine learning*, ne correspond pas, jusqu'à présent, à une méthodologie unifiée, qui aurait comme propriété fondamentale d'être indépendante du choix de modèle (*model-agnostic*) et du mécanisme de génération des données (Molnar et al., 2020). À de multiples égards, elle pourrait bénéficier des nombreux travaux menés en analyse de sensibilité produits au sein de la communauté multidisciplinaire dédiée au traitement des incertitudes dans les outils de calcul scientifique (ou codes numériques) complexes²⁶. En effet, le domaine du

26. En France, cette communauté est principalement représentée par le Groupement de Recherche CNRS MASCOT-NUM : <http://www.gdr-mascotnum.fr>

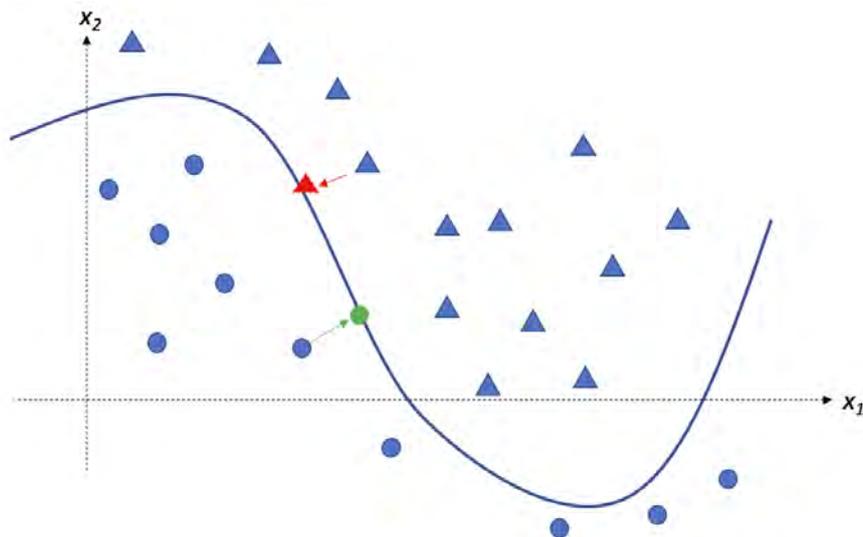


FIGURE 8 – Deux exemples contrefactuels, en rouge et vert, issus de chacune des classes (triangle, rond) : ils sont construits en « transportant » de façon optimale (avec le minimum de déplacement) des données de chaque classe vers la frontière de séparation. La sensibilité du classifieur (courbe pleine), représentée par exemple par le risque de mauvaise classification, est probablement élevée lorsqu'on l'applique à ces exemples. Une approche robuste est de chercher à limiter cette sensibilité.

traitement des incertitudes suppose que l'on puisse définir la prévision d'une grandeur d'intérêt (scalaire, vectorielle, fonctionnelle, ...) Y par l'équation suivante

$$Y = g(X),$$

où g est un modèle de calcul causal, implémenté sous la forme d'un code numérique, et X un ensemble de *paramètres d'entrée*, variables ou processus aléatoires dont les caractéristiques peuvent être connues, postulées ou calibrées (typiquement par inversion de modèle). Si des réserves épistémologiques sont à prendre en compte (Denis et Varenne, 2019), ce cadre diffère faiblement du cadre classique du *machine learning*, où g est un (méta-)modèle déterministe ou stochastique, typiquement un réseau de neurones, une forêt aléatoire, etc., et la distribution X (dont les composantes sont donc appelées *features* ou *caractéristiques*) n'est connue qu'à travers des données. Les méthodologies d'analyse de sensibilité (Borgonovo et Plischke, 2016) apportent des réponses claires au problème de la définition d'indicateurs intelligibles. La correspondance entre des concepts bien établis dans le domaine de l'analyse de sensibilité et des indicateurs régulièrement utilisés en intelligibilité du *machine learning*, telle celle qui existe entre les indices de permutation d'une forêt aléatoire et les indices de Sobol (Gregorutti et al., 2017), est à améliorer.

Nous percevons donc que ces cloisonnements peuvent souvent générer des recherches de solutions sous-optimales, contraintes par des temps de développement et de test exagérément courts. Une méthode *post-hoc* populaire comme LIME (Tulio Ribeiro et al., 2016) pourrait être mieux utilisée (et mieux critiquée) si l'on comprend qu'elle cherche à approximer localement une variété topologique, sur laquelle se répartissent les données, de façon extrêmement grossière. Cette méta-modélisation constitue un retour en arrière vis-à-vis de méthodes dites de *surrogate models*, comme le krigeage par processus gaussiens, utilisées depuis des décennies par des statisticiens et numériciens dans le même contexte du traitement des incertitudes (Kleijnen, 2007). Il a déjà été démontré que l'analyse de sensibilité de tels méta-modèles

est susceptible de donner sous certaines conditions des informations valables sur le mécanisme réel reliant les données entre elles (Janon et al., 2012; Van Steenkiste et al., 2019). Les approches SMOTE de suréchantillonnage, fortement utilisées dans les problèmes de classification déséquilibrés (Fernández Hilario et al., 2018), font également le pari sous-jacent de simuler des données sur une variété; il semble donc logique de chercher à déterminer les caractéristiques de celle-ci (*manifold learning*) avant de proposer une méthode de simulation. L'analyse topologique des données (TDA; Chazal et Michel (2017)) est un candidat pour nous y aider. Le dynamisme de l'école française dans ce domaine laisse espérer que des résultats récents sur l'inférence des variétés topologiques (Aamari et al., 2019; Aamari et Levrard, 2019) puissent nettement améliorer la représentation des nuages de données. La pratique reste néanmoins très (trop) courante de simuler de nouvelles données en interpolant basiquement quelques données réelles, et d'introduire ainsi des hypothèses de convexité ou de concavité non désirées sur la variété sur laquelle elles se répartissent.

Exhiber ces liens entre des approches historiques, issues essentiellement de la statistique, de l'analyse numérique, de l'optimisation et de la géométrie, et des besoins modernes générant une intense activité dans la communauté de l'apprentissage nous paraît donc fondamental pour achever cette relecture critique de l'ouvrage *L'apprentissage profond*.

5. Conclusion

Ce retour d'expérience reste nécessairement schématique et partiel, de par le périmètre sans cesse grandissant de l'apprentissage profond. Dans la construction d'un produit analytique, les cas d'usage sont fréquemment amenés à se croiser; des analyses de contenu peuvent être conduites sur des photographies de documents, ou des séries temporelles d'images commentées. On peut retenir que pour chacun des cas d'usage considérés, des approches historiques existent et apportent des résultats satisfaisants pour des objectifs spécifiques. Pour chacun également, l'apprentissage profond a indubitablement permis d'importantes avancées, que ce soit par le traitement de typologies de données différentes, la mémoire des séquences de mots ou la capacité d'abstraction qui facilitent la construction des variables utilisées pour la modélisation.

L'apprentissage profond reste encore, pour de nombreux domaines professionnels, une aide au diagnostic (que celui-ci soit médical, industriel, économique...) prometteuse plutôt qu'un outil intégré à un système décisionnel automatisé. Si une preuve de concept permet de démontrer une réelle plus-value de ces approches sur des modèles historiques d'aide à la décision, le passage en production requiert de démontrer le caractère généralisable et la robustesse de ces outils, qui nécessitent des architectures informatiques complexes et l'accès à des *clouds* sécurisés dont la disponibilité, la confidentialité et le coût (énergétique, politique...) constituent des enjeux critiques pour les entreprises et les institutions. Nous constatons que la sélection et la collecte de données variées utilisées pour nourrir ces algorithmes devient un métier à part entière, dont l'une des principales préoccupations porte sur l'existence de biais informationnels susceptibles de générer des résultats faux ou ambigus. L'abondante littérature consacrée depuis longtemps à l'objectivation des méthodes de sondage et d'échantillonnage (Schmidt et Hunter, 2015) nous prévient de l'ampleur et l'importance de cette tâche. Celle-ci doit également se doubler d'une réflexion sur les éventuelles déstabilisations économiques et distorsions de marchés que pourrait générer l'arrivée d'acteurs aux modes de gestion automatisée des ressources, faisant usage de méthodes dont la validité est si dépendante de la qualité et du nombre de données récoltées (Ezrahi et Stucke, 2017).

Au-delà même du choix des données, la compréhension fine du sens d'une architecture et de l'apport d'information produit par les étapes de réentraînement apparaît essentielle aux ingénieurs : ceux-ci devraient idéalement permettre d'intégrer l'expertise technique en contraignant le réseau à respecter des propriétés essentielles du phénomène représenté (telle, par exemple, sa monotonie), des règles d'équité et de loyauté spécifiques au contexte d'utilisation, et à percevoir à quelles étapes du réentraînement les données *souveraines*, possédées par l'utilisateur, finissent par réduire significativement l'influence de données non souveraines, susceptibles d'injecter du biais.

Enfin, la certification de ces outils – supposons-les bien argumentés et rendus souverains – se heurte encore à des difficultés classiquement rencontrées en conduite du changement : les systèmes de règles intelligibles pour le métier, ou issus d'une longue pratique, ne peuvent être facilement évacués au profit de méthodes nouvelles, dont la compréhension fine et l'emploi éclairé restent, encore aujourd'hui, une forme d'art (Ovenden, 2018). Outre l'anticipation de difficultés sociales et économiques que le remplacement technologique engendre en permanence (Terrade et al., 2009), difficultés abondamment discutées dans le cas des outils d'intelligence artificielle (Wisskirchen et al., 2017), il nous semble avec Perez (2018) que des standards d'usage doivent à présent émerger afin de permettre leur déploiement. Cet enjeu est aujourd'hui au cœur de la stratégie nationale française sur l'IA, incarnée par le Grand Défi « Sécuriser, certifier et fiabiliser les systèmes fondés sur l'intelligence artificielle »²⁷, qui a vocation à piloter la réalisation de projets de recherche interdisciplinaires.

Pour réussir l'usage mature et raisonné de l'AP au sein du monde socio-économique, le besoin de nouveaux profils est à présent bien établi sur le marché du travail pour comprendre et mettre en production les algorithmes d'AP au travers du développement de produits d'IA. Les profils actuels de *data software engineers* sont en général issus de formations en informatique pure, mais leur implication dans les projets leur permet d'apporter un regard critique essentiel sur les méthodes de développement et d'implémentation d'algorithme. Ils sont amenés à refondre tout ou partie du code nécessaire à une bonne industrialisation, qui atteigne les exigences de robustesse imposées par les directions informatiques²⁸. Cependant, la connaissance de l'ingénierie en technologie de l'information (IT) imprègne peu encore les formations de mathématiciens (et les statisticiens en particulier), qui ont un rôle fondamental à jouer pour formaliser, interpréter et prouver les revendications d'une méthodologie – et qui ont en particulier à établir des liens entre des approches historiques et de régulières « redécouvertes » faites par la communauté de l'AP²⁹. En prenant connaissance des contraintes pratiques auxquelles le calcul en AP est soumis, il nous semble essentiel que ces spécialistes cherchent à les intégrer dans la formalisation de ces méthodologies et les étudient au même titre que les paramètres de modèles mathématiques. Pour cela, cette culture en IT doit croître au sein des formations³⁰ et devenir un pré-requis indispensable pour constituer les équipes des laboratoires d'IA en entreprise.

27. <https://www.gouvernement.fr/grand-defi-securiser-certifier-et-fiabiliser-les-systemes-fondes-sur-l-intelligence-artificielle>

28. Ex. : minimiser les cycles d'horloge*, traquer les fuites mémoires, apporter les éléments nécessaires au respect de la vie privée, etc.

29. Ainsi, un(e) statisticien(ne) bon(ne) connaisseur(euse) des méthodes de Monte Carlo peut mieux comprendre les approches GAN en les interprétant comme des algorithmes d'acceptation-rejet (Robert et Casella, 2004) d'un genre particulier.

30. Typiquement, la résolution d'un même problème dans des environnements de plus en plus proches de l'industrialisation, incluant des contraintes d'interopérabilité, constitue un axe de formation utile.

Remerciements

Les auteurs expriment toute leur reconnaissance aux contributeurs de Quantmetry pour l'aide apportée lors de la préparation de cet article, notamment Pierre Boszczuk, Jean-Matthieu Schertzer et Issam Ibnoushein, ainsi qu'à Fabien Navarro (ENSAI), qui a produit une partie des figures de la traduction française de *Deep Learning*. Ils souhaitent par ailleurs remercier les lecteurs anonymes et les membres du comité éditorial pour leurs commentaires et remarques qui ont grandement contribué à l'amélioration d'une première version de cet article.

Références

Aamari, E., J. Kim, F. Chazal, B. Michel, A. Rinaldo, et L. Wasserman (2019), «Estimating the Reach of a Manifold», *Electronic Journal of Statistics*, vol. 13, n° 1, pp. 1359–1399.

Aamari, E. et C. Levrard (2019), «Non-asymptotic rates for Manifold, Tangent Space and Curvature Estimation», *The Annals of Statistics*, vol. 41, n° 1, pp. 177–204.

Aas, K., L. Eikvil, et R. Huseby (2007), «Applications of hidden Markov chains in image analysis», *Pattern recognition*, vol. 32, pp. 703–713.

Abdul, A., J. Vermeulen, D. Wang, B. Y. Lim, et M. Kankanhalli (2018), «Trends and Trajectories for Explainable, Accountable and Intelligible Systems : An HCI Research Agenda», in «Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems», CHI '18, p. 1–18, Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, doi :10.1145/3173574.3174156.

Akbari, H., B. Khalighinedjad, J. Herrero, A. Mehta, et N. Mesgararni (2019), «Towards reconstructing intelligible speech from the human auditory cortex», *Scientific Reports*, vol. 9, n° 874.

Akçay, S., M. Kundegorski, M. Devereux, et T. Breckon (2016), «Using deep convolutional neural networks for object classification and detection within x-ray baggage security imagery», *IEEE Transactions on Information Forensics and Security*, vol. 13, pp. 2203–2215.

Alexandrov, A., K. Benidis, M. Bohlke-Schneider, V. Flunkert, J. Gasthaus, T. Januschowski, D. C. Maddix, S. Rangapuram, D. Salinas, J. Schulz, L. Stella, A. C. Tärkmen, et Y. Wang (2020), «GluonTS : Probabilistic Time Series Models in Python», *Journal of Machine Learning Research*, vol. 21, n° 116, pp. 1–6.

Anastasopoulos, L. et A. Whitford (2018), «Machine Learning for Public Administration Research, with Application to Organizational Reputation», *SSRN*, vol. 1, n° 3178287.

Andrae, A. S. G. et T. Edler (2015), «On Global Electricity Usage of Communication Technology : Trends to 2030», *Challenges*, vol. 6, n° 1, pp. 117–157, ISSN 2078-1547, doi : 10.3390/challe6010117.

As, I., S. Pal, et P. Basy (2018), «Artificial Intelligence in architecture : Generating conceptual design via deep learning», *International Journal of Architectural Computing*, vol. 16, pp. 306–327.

- Augenstein, S., H. B. McMahan, D. Ramage, S. Ramaswamy, P. Kairouz, M. Chen, R. Mathews, et B. A. y Arcas (2020), «Generative Models for Effective ML on Private, Decentralized Datasets», in «Proceedings of the International Conference on Learning Representations (ICLR), Addis Ababa, Ethiopia, April 26-30», OpenReview.net.
- Bandara, K., C. Bergmeir, et H. Hewamalage (2020), «LSTM-MSNet : Leveraging Forecasts on Sets of Related Time Series with Multiple Seasonal Patterns», *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems*, sous presse.
- Barocas, S. et A. D. Selbst (2016), «Big data's disparate impact», *California Law Review*, vol. 104, p. 671.
- Bénard, C., G. Biau, S. Da Veiga, et E. Scornet (2019), «Sirus : Making random forest interpretable», *arXiv :1908.06852*.
- Bengio, Y. (2020), «Time to rethink the publication process in machine learning», *Note de blog*, <https://yoshuabengio.org/2020/02/26/>.
- Benítez, I., A. Quijano, J.-L. Díez, et I. Delgado (2014), «Dynamic clustering segmentation applied to load profiles of energy consumption from spanish customers», *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, vol. 55, pp. 437–448.
- Bertail, P., D. Bounie, S. Cléménçon, et P. Waelbroeck (2019), «Algorithmes : biais, discrimination et équité», *Rapport TelecomParisTech & Fondation ABEONA*, <https://www.telecom-paris.fr/algorithmes-biais-discrimination-et-equite>.
- Besse, P., C. Castets-Renard, et A. Garivier (2017), «Loyauté des Décisions Algorithmiques», *Contribution au Débat "Éthique et Numérique" de la CNIL*, HAL-01544701.
- Besse, P., C. Castets-Renard, A. Garivier, et J.-P. Loubes (2019), «L'IA du Quotidien peut elle être éthique ? Loyauté des algorithmes d'Apprentissage Automatique», *Statistique et Société*, vol. 6, pp. 9–31.
- Bhatt, U. (2018), «Maintaining the Humanity of Our Models», *Proceedings of the 2018 AAAI Spring Symposium. AI and Society : Ethics, Safety and Trustworthiness in Intelligent Agents*, vol. 1, pp. 18–22.
- Bojanowski, P., E. Grave, A. Joulin, et T. Mikolov (2017), «Enriching Word Vectors with Subword Information», *Transactions of the Association for Computational Linguistics*, vol. 5, pp. 135–146.
- Bolukbasi, T., K.-W. Chang, J. Zou, V. Saligrama, et A. Kalai (2016), «Man is to Computer Programmer as Woman is to Homemaker ? Debiasing Word Embeddings», in «Proceedings of the 30th International Conference on Neural Information Processing Systems», NIPS'16, p. 4356–4364, Curran Associates Inc., Red Hook, NY, USA.
- Bonawicz, K., H. Eichner, W. Grieskamp, et D. et al. Huba (2019), «Towards Federated Learning at Scale : System Design», *arXiv :1902.01046*.
- Bontempi, G., S. Ben Taieb, et Y.-A. Le Borgne (2013), «Machine learning strategies for time series forecasting», in Aufaure, M.-A. et E. Zimányi, éditeurs, «Business Intelligence : Second European Summer School, eBISS 2012, Brussels, Belgium, July 15-21, 2012, Tutorial Lectures», pp. 62–77, Springer Berlin Heidelberg, doi :10.1007/978-3-642-36318-4_3.
- Borgonovo, E. et E. Plischke (2016), «Sensitivity analysis : A review of recent advances», *European Journal of Operational Research*, vol. 248, pp. 869–887.

Borovykh, A., S. Bohte, et C. Oosterlee (2017), «Conditional time series forecasting with convolutional neural networks», *arXiv :1703.04691*.

Bowman, S. R., G. Angeli, C. Potts, et C. D. Manning (2015), «A large annotated corpus for learning natural language inference», in «Proceedings of the 2015 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing», pp. 632–642.

Brockwell, P. J. et R. A. Davis (2016), *Introduction to Time Series and Forecasting*, Springer Texts in Statistics, Springer New York Inc.

Buolamwini, J. et T. Gebru (2018), «Gender Shades : Intersectional Accuracy Disparities in Commercial Gender Classification», *Proceedings of Machine Learning Research*, vol. 81, pp. 1–15.

Burger, C., M. Dohnal, M. Kathrada, et R. Law (2001), «A practitioners guide to time-series methods for tourism demand forecasting—a case study of Durban, South Africa», *Tourism management*, vol. 22, n° 4, pp. 403–409.

Callot, L. (2019), «On the parametrization of simple autoregressive models with neural networks», in «39th International Symposium on Forecasting (ISF)», Présentation orale.

Camara, A., W. Feixing, et L. Xiuqin (2016), «Energy consumption forecasting using seasonal arima with artificial neural networks models», *International Journal of Business and Management*, vol. 11, n° 5, p. 231.

Cao, Z., F. Wei, W. Li, et S. Li (2018), «Faithful to the Original : Fact Aware Neural Abstractive Summarization», in «Proceedings of the 32nd Conference on Artificial Intelligence (AAAI-18), New Orleans, LA, USA», pp. 4784–4791.

Castillo, E., B. Guijarro-Berdiñas, O. Fontenla-Romero, et A. Alonzo-Betanzos (2006), «A Very Fast Learning Method for Neural Networks based on Sensitivity Analysis», *Journal of Machine Learning Research*, vol. 7, pp. 1159–1182.

CE (2020), *Intelligence Artificielle. Une approche européenne axée sur l'excellence et la confiance*, Livre Blanc, Commission Européenne, <https://op.europa.eu/publication>.

Celeux, G., F. Forbes, et N. Peyrard (2003), «EM procedures using mean field-like approximations for Markov model-based image segmentation», *Pattern recognition*, vol. 36, pp. 131–144.

Centemeri, L. (2009), «Environmental Damage as Negative Externality : Uncertainty, Moral Complexity and the Limits of the Market», *e-cadernos CES*, vol. 5, pp. 21–40.

Chambon, S., M. N. Galtier, P. J. Arnal, G. Wainrib, et A. Gramfort (2018), «A deep learning architecture for temporal sleep stage classification using multivariate and multimodal time series», *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, vol. 26, n° 4, pp. 758–769.

Chatfield, C. (1978), «The Holt-Winters forecasting procedure», *Journal of the Royal Statistical Society : Series C (Applied Statistics)*, vol. 27, n° 3, pp. 264–279.

Chazal, F. et B. Michel (2017), «An Introduction to Topological Data Analysis : fundamental and practical aspects for data scientists», *arXiv :1710.04019*.

Chen, S. et H. Wang (2014), «SAR target recognition based on deep learning», in «2014 International Conference on Data Science and Advanced Analytics (DSAA)», pp. 541–547, doi :10.1109/DSAA.2014.7058124.

Cheng, J., L. Dong, et M. Lapata (2016), «Long Short-Term Memory-Networks for Machine Reading», in «Proceedings of the 2016 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing», pp. 551–561.

Choi, D., A. Passos, C. Shallue, et G. Dahl (2020), «Faster Neural Network Training with Data Echoing», *arXiv :1907.05550*.

Choudhary, P. (2017), «Introduction to Anomaly Detection», *Blog DataScience.com*, <https://www.datascience.com/blog/python-anomaly-detection>.

Cuturi, M. et M. Blondel (2017), «Soft-DTW : a differentiable loss function for time-series», in «Proceedings of the 34th International Conference on Machine Learning (ICML)», pp. 894–903.

Cybenko, G. (1989), «Approximation by superpositions of a sigmoidal function», *Mathematics of Control, Signals and Systems*, vol. 2, pp. 303–314.

Dalal, N. et B. Triggs (2005), «Histograms of Oriented Gradients for Human Detection», *Computer Vision Pattern Recognition*, vol. 1, pp. 886–893.

De Javel, F. (2019), «Melusine : un nouvelle brique oss by maif pour (ré)enchanter les emails», *Medium*.

Deb, C., F. Zhang, J. Yang, S. E. Lee, et K. W. Shah (2017), «A review on time series forecasting techniques for building energy consumption», *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 74, pp. 902–924.

Del Barrio, E., P. Gordaliza, et J.-M. Loubes (2020), «Review of Mathematical frameworks for Fairness in Machine Learning», *arXiv :2005.13755*.

Delen, D. (2014), *Real-World Data Mining : Applied Business Analytics and Decision Making*, Pearson Education, Inc.

Denadai, E. (2018), «Interpretability of Deep Learning Models», *Towards Data Science*, <https://towardsdatascience.com/interpretability-of-deep-learning-models-9f52e54d72ab>.

Denis, C. et F. Varenne (2019), «Interprétabilité et explicabilité pour l'apprentissage machine : entre modèles descriptifs, modèles prédictifs et modèles causaux. une nécessaire clarification épistémologique», *Actes de la Conférence Nationale en Intelligence Artificielle - CNIA PFIA*, pp. 60–68.

Deverall, J., J. Lee, et M. Ayala (2017), «Using Generative Adversarial Networks to Design Shoes : The Preliminary Steps», Rapport technique, CS231-2017-119, Stanford University.

Devlin, J., M.-W. Chang, K. Lee, et K. Toutanova (2019), «BERT : Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding», in «Proceedings of the 2019 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics : Human Language Technologies», vol. 1, pp. 4171–4186.

Dickey, D. (2005), «Stationarity issues in time series models», Rapport technique, North Carolina State University.

Dowlin, N., R. Gilad-Bachrach, K. Laine, K. Lauter, M. Naehrig, et J. Wernsing (2016), «Cryptonets : Applying neural networks to encrypted data with high throughput and accuracy», *Proceedings of Machine Learning Research*, vol. 48, pp. 201–210.

Dudek, G. (2015), «Short-term load forecasting using random forests», in «Intelligent Systems' 2014», pp. 821–828, Springer.

Elbir, A., H. O. İlhan, G. Serbes, et N. Aydın (2018), «Short Time Fourier Transform based music genre classification», in «2018 Electric Electronics, Computer Science, Biomedical Engineerings' Meeting (EBBT)», pp. 1–4, IEEE.

Emanet, N. (2009), «ECG beat classification by using discrete wavelet transform and random forest algorithm», in «Fifth International Conference on Soft Computing, Computing with Words and Perceptions in System Analysis, Decision and Control», pp. 1–4.

Espinasse, T., F. Gamboa, et J.-M. Loubes (2011), «Estimation error for blind Gaussian time series prediction», *Mathematical Methods of Statistics*, vol. 20, n° 206.

Esser, S. K., P. A. Merolla, J. V. Arthur, A. S. Cassidy, R. Appuswamy, A. Andreopoulos, D. J. Berg, J. L. McKinstry, T. Melano, D. R. Barch, C. di Nolfo, P. Datta, A. Amir, B. Taba, M. D. Flickner, et D. S. Modha (2016), «Convolutional networks for fast, energy-efficient neuromorphic computing», *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 113, n° 41, pp. 11441–11446.

Ezrachi, A. et M. Stucke (2017), «Artificial intelligence and collusion : when computers inhibit competition», *Oxford Legal Studies Research Paper No. 18/2015*.

Ezratty, O. (2018), «Les usages de l'intelligence artificielle», *Ebook*, <https://www.oezratty.net>.

Fan, A., S. Bhosale, H. Schwenk, Z. Ma, A. El-Kishky, S. Goyal, M. Baines, O. Celebi, G. Wenzek, V. Chaudhary, N. Goyal, T. Birch, V. Liptchinsky, S. Edunov, E. Grave, M. Auli, et A. Joulin (2020), «Beyond English-Centric Multilingual Machine Translation», *arXiv :2010.11125*.

Ferdousi, Z. et A. Maeda (2006), «Unsupervised outlier detection in time series data», in «22nd International Conference on Data Engineering Workshops (ICDEW'06)», pp. 51–56.

Fernández Hilario, A., S. Garcia, M. Galar, R. Prati, B. Kawczyk, et F. Herrera (2018), *Learning from Imbalanced Data Sets*, Springer Nature.

Féron, O. et A. Mohammad-Djafari (2005), «Image fusion and unsupervised joint segmentation using a HMM and MCMC algorithms», *Journal of Electronic Imaging*, vol. 14, n° 2, 023014.

Fildes, R. A., S. Ma, et S. Kolassa (2019), «Retail forecasting : Research and practice», *International Journal of Forecasting*, sous presse.

Forestier, G., F. Petitjean, H. A. Dau, G. I. Webb, et E. Keogh (2017), «Generating synthetic time series to augment sparse datasets», in «2017 IEEE International Conference on Data Mining (ICDM)», pp. 865–870.

Fu, R., Z. Zhang, et L. Li (2016), «Using LSTM and GRU neural network methods for traffic flow prediction», in «2016 31st Youth Academic Annual Conference of Chinese Association of Automation (YAC)», pp. 324–328.

Gasthaus, J., K. Benidis, Y. Wang, S. S. Rangapuram, D. Salinas, V. Flunkert, et T. Januschowski (2019), «Probabilistic Forecasting with Spline Quantile Function RNNs», *Proceedings of Machine Learning Research*, vol. 89, pp. 1901–1910.

Gatys, L., A. Ecker, et M. Bethge (2016), «Image style transfer using convolutional neural networks», *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 2414–2423.

- Genewein, T., T. McGrath, G. Delétang, V. Mikulik, M. Martic, S. Legg, et P. Ortega (2020), «Algorithms for Causal Reasoning in Probability Trees», *arXiv :2010.12237*.
- Gers, F. A., J. Schmidhuber, et F. Cummins (1999), «Learning to forget : continual prediction with lstm», in «1999 Ninth International Conference on Artificial Neural Networks (ICANN)», vol. 2, pp. 850–855, doi :10.1049/cp:19991218.
- Gevrey, M., I. Dimopoulos, et S. Lek (2003), «Review and comparison of methods to study the contribution of variables in artificial neural network models», *Ecological Modelling*, vol. 160, pp. 249–264.
- Ghouzam, Y. et P. Valverde (2018), «Le deep learning pour accélérer le diagnostic par imagerie médicale», Note de blog : <https://www.quantmetry.com/blog>.
- Glasmachers, T. (2017), «Limits of End-to-End Learning», *Proceedings of Machine Learning Research*, vol. 77, pp. 17–32.
- Goodfellow, I., Y. Bengio, et A. Courville (2016), *Deep Learning*, MIT Press. Traduction française *L'apprentissage profond*, parue chez Quantmetry & Florent Massot, octobre 2018, <http://www.deeplearningbook.org>.
- Gordaliza, P., E. Del Barrio, et J.-M. Loubes (2019), «Obtaining fairness using optimal transport theory», *Proceedings of Machine Learning Research*, vol. 97, pp. 2357–2365.
- Gottschlag, M., P. Brantsch, et F. Bellosa (2020), «Automatic Core Specialization for AVX-512 Applications», in «Proceedings of the 13th ACM International Systems and Storage Conference», SYSTOR '20, p. 25–35, Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, doi :10.1145/3383669.3398282.
- Greenberg, H. J. et W. Pierskalla (1971), «A review of quasi-convex functions», *Operations Research*, vol. 19, pp. 1553–1570.
- Gregorutti, B., B. Michel, et P. Saint-Pierre (2017), «Correlation and variable importance in random forests», *Statistics and Computing*, vol. 27, pp. 659–678.
- Groves-Kirkby, C., A. Denman, R. Crockett, P. Phillips, et G. Gillmore (2006), «Identification of tidal and climatic influences within domestic radon time-series from Northamptonshire, UK», *Science of the Total Environment*, vol. 367, n° 1, pp. 191–202.
- Guidotti, R., A. Monreale, S. Ruggieri, F. Turini, F. Giannotti, et D. Pedreschi (2018), «A survey of methods for explaining black box models», *ACM Computing Surveys*, vol. 51, n° 5, pp. 1–42.
- Gundogdu, E., A. Koç, et A. A. Alatan (2016), «Object classification in infrared images using deep representations», in «Proceedings of the 2016 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)», pp. 1066–1070, doi :10.1109/ICIP.2016.7532521.
- Guo, T., Z. Xu, X. Yao, H. Chen, K. Aberer, et K. Funaya (2016), «Robust online time series prediction with recurrent neural networks», in «2016 IEEE International Conference on Data Science and Advanced Analytics (DSAA)», pp. 816–825.
- Haji Ghassemi, N. et D. M. (2014), «Analytic long-term forecasting with periodic Gaussian processes», *Journal of Machine Learning Research W&CP*, URL <http://proceedings.mlr.press/v33/hajighassemi14.pdf>.
- Hanin, N. (2019), «Universal function approximation by deep neural nets with bounded width and ReLu activations», *Mathematics*, vol. 7, n° 10.

Harchaoui, Z. et F. Bach (2007), «Image Classification with Segmentation Graph Kernels», in «2007 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition», pp. 1–8, doi :10.1109/CVPR.2007.383049.

Hastie, T., R. Tibshirani, et J. Friedman (2001), *The Elements of Statistical Learning*, Springer Series in Statistics, Springer New York Inc.

Hatami, N., Y. Gavet, et J. Debayle (2018), «Classification of time-series images using deep convolutional neural networks», in Verikas, A., P. Radeva, D. Nikolaev, et J. Zhou, éditeurs, «Tenth International Conference on Machine Vision (ICMV 2017)», vol. 10696, pp. 242 – 249, International Society for Optics and Photonics, SPIE, doi :10.1117/12.2309486.

He, K., G. Gkioxari, P. Dollár, et R. Girshick (2017), «Mask R-CNN», in «Proceedings of the 2017 IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV)», pp. 2980–2988, doi :10.1109/ICCV.2017.322.

He, K., X. Zhang, S. Ren, et J. Sun (2016), «Deep Residual Learning for Image Recognition», in «Proceedings of the 2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)», pp. 770–778, doi :10.1109/CVPR.2016.90.

He, L., X. Ren, Q. Gao, X. Zhao, B. Yao, et Y. Chao (2018), «The connected-component labeling problem : A review of state-of-the-art algorithms», *Pattern recognition*, vol. 70, pp. 25–43.

Heaven, W. (2020), «Google's medical AI was super accurate in a lab. Real life was a different story», *MIT Technology Review*, 27 avril.

Helpfenstein, U. (1986), «Box-Jenkins modelling of some viral infectious diseases», *Statistics in Medicine*, vol. 5, n° 1, pp. 37–47.

Hénin, C. et D. Le Métayer (2019a), «Accountability requirements for algorithmic decision systems», in «Proceedings of the Interdisciplinary Workshop SRA 2019 (Social Responsibility of Algorithms), Paris», .

Hénin, C. et D. Le Métayer (2019b), «Towards a generic framework for black-box explanation methods», in «Proceedings of the IJCAI 2019 Workshop on Explainable Artificial Intelligence (XAI), Macao, Chine», .

Hensman, J., N. Fusi, et N. D. Lawrence (2013), «Gaussian Processes for Big Data», in «Proceedings of the 29th Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence», UAI'13, p. 282–290, AUAI Press, Arlington, Virginia, USA.

Hickok, M. (2021), «Lessons learned from AI ethics principles for future actions», *AI and Ethics*, vol. 1, pp. 41–47.

Hochard, G. et L. Blanche (2019), «Statistical and machine learning methods combination for improved energy consumption forecasting performance», in «39th International Symposium on Forecasting (ISF)», Présentation orale.

Hochreiter, S. et J. Schmidhuber (1997), «Long Short-Term Memory», *Neural Computation*, vol. 9, n° 8, pp. 1735–1780.

Hornik, K. (1991), «Approximation capabilities of multilayer feedforward networks», *Neural Networks*, vol. 4, n° 2, pp. 251–257.

Howar, F. et J. Barnat (éditeurs) (2018), *Formal Methods for Industrial Critical Systems (FMICS Proceedings)*, Springer.

- Howard, J. et S. Ruder (2018), «Universal language model fine-tuning for text classification», in «Proceedings of the 56th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics», vol. 1, pp. 328–339, Association for Computational Linguistics, Melbourne, Australia.
- Huang, C., P. Kairouz, et L. Sankar (2018), «Generative Adversarial Privacy : A Data-Driven Approach to Information-Theoretic Privacy», in «Proceedings of the 2018 52nd Asilomar Conference on Signals, Systems, and Computers», pp. 2162–2166, doi :10.1109/ACSSC.2018.8645532.
- Huang, H., P. Yu, et C. Wang (2018), «An introduction to image synthesis with generative adversarial nets», *arXiv :1803.04469*.
- Innes, M., S. Karpinski, V. Sha, J. Bradbury, D. Barber, P. Stenetorp, V. Churavy, S. Danisch, A. Edelman, J. Malmaud, J. Revels, T. Besard, et D. Yuret (2018), «On Machine Learning and Programming Languages», in «Proceedings of SysML 2018, Stanford CA», ACM, New York, USA.
- Jahnke, P. (2015), «Machine learning approaches for failure type detection and predictive maintenance», *Thèse de doctorat, Technische Universität Darmstadt*.
- Janon, A., T. Klein, A. Lagnoux, M. Nodet, et C. Prieur (2012), «Asymptotic normality and efficiency of two Sobol index estimators», *ESAIM : Probability and Statistics*, vol. 18, pp. 342–364.
- Jayadevan, R., S. Kolhe, P. Patil, et U. Pal (2011), «Automatic processing of handwritten bank cheque images : A survey», *Document Analysis and Recognition*, vol. 15, pp. 1–30.
- Jones, D. et M. Lorenz (1986), «An application of a Markov chain noise model to wind generator simulation», *Mathematics and Computers in Simulation*, vol. 28, n° 5, pp. 391–402.
- Jones, N. (2018), «How to stop data centres from globbing up the world's electricity», *Nature*, vol. 561, pp. 163–166.
- Katzman, J., U. Shaham, A. Cloninger, J. Bates, J. Tingting, et Y. Kluger (2018), «DeepSurv : Personalized Treatment Recommender System Using a Cox Proportional Hazards Deep Neural Network», *BMC Medical Research Methodology*, vol. 18, n° 24.
- Kegel, L., M. Hahmann, et W. Lehner (2018), «Feature-based comparison and generation of time series», in «Proceedings of the 30th International Conference on Scientific and Statistical Database Management», 20, pp. 1–12.
- Keogh, E. J. et M. J. Pazzani (2000), «A simple dimensionality reduction technique for fast similarity search in large time series databases», in «Pacific-Asia conference on knowledge discovery and data mining», pp. 122–133, Springer.
- Kidger, P. et T. Lyons (2020), «Universal Approximation with Deep Narrow Networks», in Abernethy, J. et S. Agarwal, éditeurs, «Proceedings of 33rd Conference on Learning Theory», *Proceedings of Machine Learning Research*, vol. 125, pp. 2306–2327, PMLR.
- Kim, Y. J., S. Choi, S. Briceno, et D. Mavris (2016), «A deep learning approach to flight delay prediction», in «2016 IEEE/AIAA 35th Digital Avionics Systems Conference (DASC)», pp. 1–6, doi :10.1109/DASC.2016.7778092.
- Kleijnen, J. (2007), «Kriging Metamodeling in Simulation : A Review», *European Journal of Operational Research*, vol. 192, pp. 707–716.

- Krishnan, M. (2019), «Against Interpretability : a Critical Examination of the Interpretability Problem in Machine Learning», *Philosophy and Technology*, vol. 33, pp. 487–502.
- Kusdarwati, H. et S. Handoyo (2018), «System for Prediction of Non Stationary Time Series based on the Wavelet Radial Bases Function Neural Network Model», *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, vol. 8, n° 4, p. 2327.
- L Griffiths, T. et M. Steyvers (2004), «Finding Scientific Topics», in «Proceedings of the US National Academy of Sciences», vol. 101, pp. 5228–5235.
- Långkvist, M., L. Karlsson, et A. Loutfi (2014), «A review of unsupervised feature learning and deep learning for time-series modeling», *Pattern Recognition Letters*, vol. 42, pp. 11–24.
- Laugel, T., M.-J. Lesot, C. Marsala, X. Renard, et M. Detyniecki (2019), «The Dangers of Post-hoc Interpretability : Unjustified Counterfactual Explanations», in «Proceedings of the 28th International Joint Conference on Artificial Intelligence», pp. 2801–2807.
- Le Cun, Y. (2019), *Quand la machine apprend. La révolution des neurones artificiels et de l'apprentissage profond*, Odile Jacob.
- Le Cun, Y. et Y. Bengio (1995), «Convolutional networks for images, speech, and time series», *The Handbook of Brain Theory and Neural Networks*, vol. 3361, n° 10, p. 1995.
- Lesaffre, G. (2018), «La réalité augmentée au musée : une révolution du regard», *L'Hebdo du Quotidien de l'Art*, vol. 1423, pp. 22–23.
- Li, S., J. Lin, G. Li, T. Bai, H. Wang, et Y. Pang (2018), «Vehicle type detection based on deep learning in traffic scene», *Procedia Computer Science*, vol. 131, pp. 564–572.
- Li, T., V. Gupta, M. Mehta, et V. Srikumar (2019), «A Logic-Driven Framework for Consistency of Neural Models», in «Proceedings of the 2019 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing and the 9th International Joint Conference on Natural Language Processing (EMNLP-IJCNLP)», pp. 3924–3935.
- Lipton, Z. et J. Steinhardt (2019), «Troubling trends in machine learning scholarship», *ACM Queue*, vol. 17, n° 1, pp. 1–33.
- Lipton, Z. C. (2018), «The mythos of model interpretability : In machine learning, the concept of interpretability is both important and slippery.», *ACM Queue*, vol. 16, n° 3, p. 31–57.
- Litjens, G., T. Kooi, B. Bejnordi, A. Adiyoso Seto, F. Ciompi, M. Ghafoorian, J. van der Laak, B. van Ginneken, et C. Sanchez (2017), «A survey on deep learning in medical image analysis», *Medical Image Analysis*, vol. 42, pp. 60–88.
- Liu, C., Y. Cao, Y. Luo, G. Chen, V. Vokkarane, M. Yunsheng, S. Chen, et P. Hou (2018), «A new deep learning-based food recognition system for dietary assessment on an edge computing service infrastructure», *IEEE Transactions on Services Computing*, vol. 11, pp. 249–261.
- Logeswaran, L. et H. Lee (2018), «An efficient framework for learning sentence representations», in «Proceedings of the 6th International Conference on Learning Representations, ICLR», pp. 1–16.
- Lv, F., C. Wen, M. Liu, et Z. Bao (2017), «Weighted time series fault diagnosis based on a stacked sparse autoencoder», *Journal of Chemometrics*, vol. 31, n° 9, p. e2912.

- Ma, J. et S. Perkins (2003), «Time-series novelty detection using one-class support vector machines», in «Proceedings of the International Joint Conference on Neural Networks», vol. 3, pp. 1741–1745.
- MacDonald, I. L. et W. Zucchini (1997), *Hidden Markov and other models for discrete-valued time series*, CRC Press.
- Makridakis, S., R. M. Hogarth, et A. Gaba (2009), «Forecasting and uncertainty in the economic and business world», *International Journal of Forecasting*, vol. 25, n° 4, pp. 794–812.
- Makridakis, S., E. Spiliotis, et V. Assimakopoulos (2018), «The M4 Competition : Results, findings, conclusion and way forward», *International Journal of Forecasting*, vol. 34, n° 4, pp. 802–808.
- Manning, C. D. (2015), «Computational Linguistics and Deep Learning», *Computational Linguistics*, vol. 41, n° 4, pp. 701–707, doi :10.1162/COLI_a_00239.
- Marelli, M., S. Menini, M. Baroni, L. Bentivogli, R. Bernardi, et R. Zamparelli (2014), «A SICK cure for the evaluation of compositional distributional semantic models», in «Proceedings of the Ninth International Conference on Language Resources and Evaluation LREC», pp. 216–223.
- Mariet, Z. et V. Kuznetsov (2019), «Foundations of Sequence-to-Sequence Modeling for Time Series», *Proceedings of Machine Learning Research*, vol. 89, pp. 408–417.
- Martí, L., N. Sanchez-Pi, J. Molina, et A. Garcia (2015), «Anomaly detection based on sensor data in petroleum industry applications», *Sensors*, vol. 15, n° 2, pp. 2774–2797.
- Martin, L., B. Muller, P. Ortiz Suárez, Y. Dupont, L. Romary, E. Villemonte de la Clergerie, et B. Sagot (2019), «CamemBERT : a Tasty French Language Model», in «Proceedings of the 58th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics (ACL)», pp. 7203–7219.
- Mastelic, T., A. Oleksiak, H. Claussen, I. Brandic, J.-M. Pierson, et A. Vasilakos (2014), «Cloud computing : survey on energy efficiency», *ACM Computing Surveys*, vol. 47, pp. 1–36.
- Maturana, D. et S. Scherer (2015), «VoxNet : A 3D convolutional neural network for real-time object recognition», in «2015 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)», pp. 922–928, doi :10.1109/IROS.2015.7353481.
- Merity, S., N. S. Keskar, et R. Socher (2018), «An Analysis of Neural Language Modeling at Multiple Scales», *arXiv :1803.08240*.
- Mikolov, T., K. Chen, G. Corrado, et J. Dean (2013), «Efficient Estimation of Word Representations in Vector Space», in «1st International Conference on Learning Representations ICLR», Workshop Track Proceedings.
- Mnasri, M. (2019), «Recent advances in conversational NLP : Towards the standardization of chatbot building», *arXiv :1903.09025*.
- Molchanov, P., S. Tyree, T. Karras, T. Aila, et J. Kautz (2017), «Pruning convolutional neural networks for resource efficient inference», in «Proceedings of the International Conference of Learning Representations (ICLR)», pp. 1–17.
- Molnar, C., G. Casalicchio, et B. Bischl (2020), «Interpretable machine learning – a brief history, state-of-the-art and challenges», in Koprinska, I., M. Kamp, A. Appice, C. Loglisci, L. Antonie, A. Zimmermann, R. Guidotti, Ö. Özgöbek, R. P. Ribeiro, R. Gavaldà, J. Gama, L. Adilova, Y. Krishnamurthy, P. M. Ferreira, D. Malerba, I. Medeiros, M. Ceci, G. Manco, E. Masciari,

Z. W. Ras, P. Christen, E. Ntoutsi, E. Schubert, A. Zimek, A. Monreale, P. Biecek, S. Rinzivillo, B. Kille, A. Lommatzsch, et J. A. Gulla, éditeurs, «ECML PKDD 2020 Workshops», pp. 417–431, Springer International Publishing, Cham.

Mosavi, A., M. Salimi, S. Ardabili, T. Rabczuk, S. Shamshirband, et A. Varkoyi-Koczy (2019), «State of the Art of Machine Learning Models in Energy Systems, a Systematic Review», *Energies*, vol. 12, p. 1301.

Mothilal, R. K., A. Sharma, et C. Tan (2020), «Explaining machine learning classifiers through diverse counterfactual explanations», *Proceedings of the 2020 Conference on Fairness, Accountability, and Transparency*, pp. 607–617.

Navarro, C., R. Carrasco, R. Barrientos, J. Riquelme, et R. Vega (2020), «GPU Tensor Cores for fast Arithmetic Reductions», *arXiv :2001.05585v1*.

Ning, L., H. Guan, et X. Shen (2019), «Adaptive Deep Reuse : Accelerating CNN Training on the Fly», in «Proceedings of the IEEE International Conference on Data Engineering (ICDE)», pp. 1538–1549.

Oh, S., Y. Jung, S. Kim, I. Lee, et N. Kang (2019), «Deep Generative Design : Integration of Topology Optimization and Generative Models», *arXiv :1903.01548*.

Olah, C., A. Satyanarayan, I. Johnson, S. Carter, L. Schubert, K. Ye, et A. Mordvintsev (2018), «The Building Blocks of Interpretability», *Distill*, vol. 3, n° 3.

Ovenden, J. (2018), «Obstacles to machine learning adoption», Note de blog : <https://channels.theinnovationenterprise.com>.

Pégny, M. et I. Ibnouhsein (2018), «Quelle transparence pour les algorithmes d'apprentissage machine ?», *Revue d'Intelligence Artificielle*, vol. 4, pp. 447–478.

Pégny, M., E. Thelisson, et I. Ibnouhsein (2019), «The Right to an Explanation», *Delphi*, vol. 4, pp. 161–166.

Pereyra, M. et S. McLaughlin (2015), «Fast Unsupervised Bayesian Image Segmentation with Adaptive Spatial Regularisation», *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 6, pp. 2577–2587.

Perez, C. (2018), «Why Deep Learning needs standards for Industrialization», *Medium*, 9 février.

Peters, M. E., M. Neumann, M. Iyyer, M. Gardner, C. Clark, K. Lee, et L. Zettlemoyer (2018), «Deep Contextualized Word Representations», in «Proceedings of the 2018 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics (ACL) : Human Language Technologies», vol. 1, pp. 2227–2237.

Powers, D. (2011), «Evaluation : from precision, recall and F-measure to ROC, informedness, markedness and correlation», *International Journal of Machine Learning Technology*, vol. 2, pp. 37–63.

Pégny, M. et M. Ibnouhsein (2018), «Quelle transparence pour les algorithmes d'apprentissage machine ?», *Revue d'intelligence artificielle*, vol. 32, pp. 447–478.

Qian, B., Y. Xiao, Z. Zheng, M. Zhou, S. Zhuang, W. and Li, et Q. Ma (2020), «Dynamic multi-scale convolutional neural networks for time series classification», *IEEE Access*, vol. 8, pp. 109732–109746.

Radford, A., J. Wu, R. Child, D. Luan, D. Amodei, et I. Sutskever (2019), «Language models are unsupervised multitask learners», Rapport technique 14, OpenAI.

Rakshit, S., S. Debnath, et D. Mondal (2018), «Identifying land patterns from satellite imagery in Amazon rainforest using deep learning», *arXiv :1809.00340v1*.

Redd, A., K. Khin, et A. Marini (2019), «Fast ES-RNN : A GPU Implementation of the ES-RNN Algorithm», *arXiv :1907.03329*.

Redmon, J. et A. Farhadi (2017), «YOLO9000 : Better, Faster, Stronger», in «2017 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)», pp. 6517–6525, doi : 10.1109/CVPR.2017.690.

Remus, W. et M. O'Connor (2001), *Neural Networks for Time-Series Forecasting*, pp. 245–256, Springer US, Boston, MA.

Ren, S., K. He, R. Girshick, et J. Sun (2015), «Faster R-CNN : Towards real-time object detection with region proposal networks», *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 39, pp. 1137–1149.

Robert, C. et G. Casella (2004), *Monte Carlo Statistical Methods, 2nd edition*, Springer.

Robertson, S. (2004), «Understanding Inverse Document Frequency : On Theoretical Arguments for IDF», *Journal of Documentation*, vol. 60, pp. 503–520.

Rudin, C. (2019), «Stop Explaining Black Box Machine Learning Models for High Stakes Decisions and Use Interpretable Models Instead», *Nature Machine Intelligence*, vol. 1, p. 206–215.

Salinas, D., V. Flunkert, J. Gasthaus, et T. Januschowski (2019), «Deepar : Probabilistic forecasting with autoregressive recurrent networks», *International Journal of Forecasting*, vol. 36, pp. 1181–1191.

Schäfer, P. et U. Leser (2020), «TEASER : Early and Accurate Time Series Classification», *Data Mining and Knowledge Discovery*, vol. 34, pp. 1336–1362.

Schmidt, F. et J. Hunter (2015), *Methods of Meta-Analysis, Third Edition : Correcting Error and Bias in Research Findings*, SAGE Publications.

Schörghenheimer, A., M. Kahlhofer, P. Chalupar, P. Grünbacher, et H. Mössenböck (2019), «A Framework for Preprocessing Multivariate, Topology-Aware Time Series and Event Data in a Multi-System Environment», in «2019 IEEE 19th International Symposium on High Assurance Systems Engineering (HASE)», pp. 115–122.

Schuman, C., T. Potok, R. Patton, J. Douglas Birdwell, M. Dean, G. Rose, et J. Plank (2017a), «A Survey of Neuromorphic Computing and Neural Networks in Hardware», *arXiv :1705.06963v1*.

Schuman, C., T. Potok, R. Patton, J. Douglas Birdwell, M. Dean, G. Rose, et J. Plank (2017b), *Your Artificial Intelligence, Connectionism or Augmented Fuzzy Cognitivism ?*, Intellitech, Compiègne.

Seeger, M. W., D. Salinas, et V. Flunkert (2016), «Bayesian intermittent demand forecasting for large inventories», in «Advances in Neural Information Processing Systems (NIPS Proceedings)», pp. 4646–4654.

Seyedhossein, L. et M. R. Hashemi (2010), «Mining information from credit card time series for timelier fraud detection», in «Proceedings of the 5th International Symposium on Telecommunications», pp. 619–624.

Sezer, O. B., M. U. Gudelek, et A. M. Ozbayoglu (2020), «Financial time series forecasting with deep learning : A systematic literature review : 2005–2019», *Applied Soft Computing*, vol. 90, n° 106181, ISSN 1568-4946, doi :<https://doi.org/10.1016/j.asoc.2020.106181>.

Shapiro, L. et G. Stockman (2003), *Computer Vision*, Prentice Hall.

Sharif Razavian, A., H. Azizpour, J. Sullivan, et S. Carlsson (2014), «CNN features off-the-shelf : An astounding baseline for recognition», in «Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (ICVPR)», pp. 512–519.

Shipmon, D. T., J. M. Gurevitch, P. M. Piselli, et S. T. Edwards (2017), «Time series anomaly detection ; detection of anomalous drops with limited features and sparse examples in noisy highly periodic data», *arXiv :1708.03665*.

Shmueli, G. et O. Koppius (2009), «The Challenge of Prediction in Information Systems Research», *Robert H. Smith School Research Paper No. RHS 06-152*.

Shumway, R. H. et D. S. Stoffer (2017), *Time series analysis and its applications, with R examples*, Springer.

Smyl, S., J. Ranganathan, et A. Pasqua (2018), «M4 forecasting competition : Introducing a new hybrid ES-RNN model», Uber Engineering Blog : <https://eng.uber.com/m4-forecasting-competition>.

Spille, C., S. Ewert, B. Kollmeier, et B. Meyer (2018), «Predicting Speech Intelligibility with Deep Neural Networks», *Computer Speech and Language*, vol. 48, pp. 51–66.

Strubell, E., A. Ganesh, et A. McCallum (2020), «Energy and Policy Considerations for Modern Deep Learning Research», *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, vol. 34, n° 09, pp. 13693–13696, doi :10.1609/aaai.v34i09.7123.

Sun, W., S. Shao, R. Zhao, R. Yan, X. Zhang, et X. Chen (2016), «A sparse auto-encoder-based deep neural network approach for induction motor faults classification», *Measurement*, vol. 89, pp. 171–178.

Sutton, C. et A. McCallum (2007), «An Introduction to Conditional Random Fields for Relational Learning», *Foundations and Trends in Machine Learning*, vol. 4, n° 4, pp. 267–373.

Szegedy, C., Wei Liu, Yangqing Jia, P. Sermanet, S. Reed, D. Anguelov, D. Erhan, V. Vanhoucke, et A. Rabinovich (2015), «Going deeper with convolutions», in «2015 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)», pp. 1–9, doi :10.1109/CVPR.2015.7298594.

Szepesvári, C. (2010), *Algorithms for Reinforcement Learning*, Morgan and Claypool Publishers.

Taieb, S. B. et R. J. Hyndman (2014), «A gradient boosting approach to the Kaggle load forecasting competition», *International Journal of Forecasting*, vol. 30, n° 2, pp. 382–394.

Taieb, S. B., R. J. Hyndman, et al. (2012), *Recursive and direct multi-step forecasting : the best of both worlds*, Working Paper, Monash University.

- Talamo, C., G. Paganin, et F. Rota (2019), «Industry 4.0 for failure information management within Proactive Maintenance», in «IOP Conference Series : Earth and Environmental Science», vol. 296, IOP Publishing.
- Terrade, F., H. Pasquier, J. Reerinck-Boulanger, G. Guingouain, et A. Somat (2009), «L'acceptabilité sociale : la prise en compte des déterminants sociaux dans l'analyse de l'acceptabilité des systèmes technologiques», *Presses Universitaires de France. Le Travail Humain*, vol. 72, pp. 383–395.
- Tulio Ribeiro, M., S. Singh, et C. Guestrin (2016), «“Why Should I Trust You?” : Explaining the Predictions of Any Classifier», in «Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining», p. 1135–1144.
- Valenzise, G., A. Purica, V. Hulusic, et M. Cagnazzo (2018), «Quality assessment of deep-learning-based image compression», in «Proceedings of the IEEE 20th International Workshop on Multimedia Signal Processing (MMSP)», pp. 1–6, doi :10.1109/MMSP.2018.8547064.
- Van Steenkiste, T., J. van der Herten, I. Couckuyt, et T. Dhaene (2019), «Data-efficient sensitivity analysis with surrogate modeling», in Canavero, F., éditeur, «Uncertainty Modeling for Engineering Applications», pp. 55–69, Springer International Publishing, Cham, doi : 10.1007/978-3-030-04870-9_4.
- Vaswani, A., N. Shazeer, N. Parmar, J. Uszkoreit, L. Jones, A. N. Gomez, L. Kaiser, et I. Polosukhin (2017), «Attention is All You Need», in «Advances in Neural Information Processing Systems (NIPS Proceedings)», vol. 30.
- Vidal, J. (2017), «"Tsunami of data" could consume one fifth of global electricity by 2025», *Climate Home News, The Guardian*, 11 décembre.
- Villani, C. (2016), «La langue de chez nous», *Images des Mathématiques, Éditions du CNRS*, 10 février.
- Viola, P. et M. Jones (2001), «Rapid object detection using a boosted cascade of simple features», in «Proceedings of the 2001 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. CVPR 2001», vol. 1, pp. I–I, doi :10.1109/CVPR.2001.990517.
- von Ahn, L., B. Maurer, C. McCillen, D. Abraham, et M. Blum (2008), «reCAPTCHA : Human-Based Character Recognition via Web Security Measures», *Science*, vol. 321, pp. 1465–1468.
- Wang, A., A. Singh, J. Michael, F. Hill, O. Levy, et S. R. Bowman (2019), «GLUE : A Multi-Task Benchmark and Analysis Platform for Natural Language Understanding», in «7th International Conference on Learning Representations, ICLR», pp. 353–355.
- Wang, J., Y. Ma, L. Zhang, R. Gao, et D. Wu (2018), «Deep learning for smart manufacturing : Methods and applications», *Journal of Manufacturing Systems*, vol. 48, pp. 144–156.
- Wei, D., B. Zhou, A. Torralba, et W. Freeman (2015), «Understanding Intra-Class Knowledge Inside CNN», *arXiv :1507.02379*.
- Weld, D. et G. Bangal (2019), «The Challenge of Crafting Intelligible Intelligence», *Communications of the ACM*, vol. 62, n° 6, pp. 70–79.
- Wiggins, A., N. Greg, R. Stevenson, et K. Crowston (2011), «Mechanism for Data Quality and Validation in Citizen Science», in «Proceedings of the IEEE 7th Conference on E-Science Workshops», pp. 14–19.

Wismüller, A., D. R. Dersch, B. Lipinski, K. Hahn, et D. Auer (1998), «neural network approach to functional MRI pattern analysis—clustering of time-series by hierarchical vector quantization», in «Proceedings of the International Conference on Artificial Neural Networks (ICANN)», pp. 857–862, Springer London, London.

Wisskirchen, G., B. Thibault-Biacabe, U. Bormann, A. Muntz, G. Niehaus, G. Soler, et B. von Brauchitsch (2017), «Artificial intelligence and robotics and their impact on the workplace», Rapport technique, IBA Global Employment Institute.

Woodward, W. A., H. L. Gray, et A. C. Elliott (2017), *Applied time series analysis with R*, CRC press.

Xie, C., A. Talk, et E. Fox (2016), «A Unified Framework for Missing Data and Cold Start Prediction for Time Series Data», in «NIPS Time Series Workshop», pp. 1–12.

Yang, Z., Z. Dai, Y. Yang, J. Carbonell, R. R. Salakhutdinov, et Q. V. Le (2019), «XLNet : Generalized Autoregressive Pretraining for Language Understanding», in Wallach, H., H. Larochelle, A. Beygelzimer, F. d'Alché Buc, E. Fox, et R. Garnett, éditeurs, «Advances in Neural Information Processing Systems», vol. 32, Curran Associates, Inc., Red Hook, NY, USA.

Yao, S., S. Hu, Y. Zhao, A. Zhang, et T. Abdelzaher (2017), «Deepsense : A unified deep learning framework for time-series mobile sensing data processing», in «Proceedings of the 26th International Conference on World Wide Web», p. 351–360.

Zakaria, J., A. Mueen, et E. Keogh (2012), «Clustering time series using unsupervised-shapelets», in «Proceedings of the IEEE 12th International Conference on Data Mining», p. 785–794.

Zhang, P. et L. Xu (2018), «Unsupervised Segmentation of Greenhouse Plant Images based on Statistical Method», *Scientific Reports*, vol. 8, n° 4465.

Zhang, Q. et S.-C. Zhu (2019), «Visual Interpretability for Deep Learning : A Survey», *Frontiers of Information Technology and Electronic Engineering*, vol. 19, pp. 27–39.

Zhang, R., P. Isola, et A. A. Efros (2016), «Colorful image colorization», in «Proceedings of the European Conference on Computer Vision (ECCV)», pp. 649–666, Springer International Publishing, Cham.

Zhang, X.-F. (2017), «Natural Language Process (NLP) will transform traditional B2B Market Research Industry», *Medium*, 28 juillet.

Zhao, A., S. Hu, et C. Yu (2017), «Classifying Weather, Terrain, and Deforestation of the Amazon using Deep Multi-task Convolutional Neural Nets», *Stanford University Research Report*.

A. Lexique

Apprentissage par transfert. (*transfer learning*) L'apprentissage par transfert caractérise la capacité d'un système apprenant (tel un algorithme de reconnaissance de formes par RNN, par exemple), construit à partir de sources d'information historiques (ex. : données d'entraînement), à s'adapter à des situations nouvelles partageant des similitudes avec cette information historique. Une technique usuelle d'apprentissage par transfert dans les RNN est de conserver certaines couches cachées lorsqu'on bascule d'un jeu de données historiques à un nouveau jeu de données d'entraînement ; ces couches cachées étant « spécialisées » dans la détection de certains types de structure dans les données.

Auto-encodeur. Un auto-encodeur est un type particulier de réseau de neurones utilisé en apprentissage non supervisé pour apprendre les caractéristiques d'un jeu de données, en proposant une représentation de l'information qu'il porte en faible dimension. Il produit une compression de cette information.

Cartes de caractéristiques. (*feature / activation maps*) Dans un réseau de neurones multi-couches, une carte de caractéristiques par couche trace la distribution des sorties des fonctions d'activation des neurones de la couche ; elle fournit donc un résumé des caractéristiques des données sélectionnées par ces fonctions, et permet de percevoir comment l'information est filtrée par les neurones de la couche (par exemple, dans un RNC traitant des images, certaines cartes illustrent le fait qu'une couche a préférence à sélectionner des structures géométriques particulières. Les cartes de caractéristiques sont donc des outils d'intelligibilité des réseaux de neurones et permettent en particulier de sélectionner des couches utiles à conserver en cas d'apprentissage par transfert.

Compilateur. Un compilateur est un programme qui transforme un code source en un code dans un langage plus directement compréhensible par une machine ; il est donc un élément essentiel de l'interopérabilité des plateformes logicielles.

Cycle d'horloge. Un cycle d'horloge est une unité de temps élémentaire d'un ordinateur, imposé par la nature du processeur.

Élagage. (*pruning*) L'élagage d'un modèle est la réduction de sa complexité en vue d'atteindre un compromis entre précision et coût de calcul. Un arbre de décision sera élagué par la réduction de sa profondeur, tandis qu'un réseau de neurones sera élagué en « tuant » certaines connexions entre des neurones de différentes couches, voire en « éteignant » certains neurones inutiles (Figure 9).

Fléau de la dimension. (*curse of dimensionality*) Le fléau de la dimension est un terme générique caractérisant la difficulté de manipulation de modèles et algorithmes (d'estimation notamment) dans des espaces de grande dimension. Dans de tels espaces, les données deviennent rapidement isolées, et l'information éparse, ce qui entraîne des coûts de calcul importants, voire prohibitifs. Les techniques d'inférence bayésienne et de réduction de dimension permettent de combattre ce phénomène.

Loyauté. (*fairness*) La loyauté d'un algorithme d'apprentissage recouvre à ce jour plusieurs caractéristiques de conception et d'implantation sur une plate-forme logicielle de cet algorithme. Elle traduit notamment le fait que l'échantillon d'apprentissage n'incorpore pas de biais susceptible d'orienter les résultats de cet algorithme et d'aboutir à une discrimination, et que la règle d'apprentissage n'est pas elle-même biaisée par construction. Cette notion a été formalisée différemment par de nombreux auteurs, et témoigne de la difficulté à s'accorder sur des métriques sous-jacentes à la définition des dits biais.

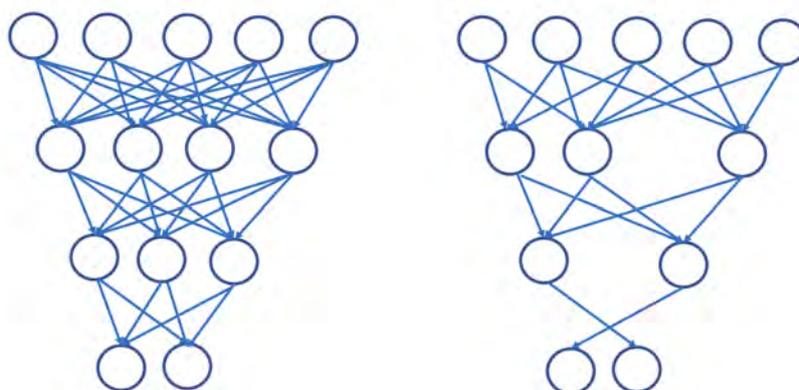


FIGURE 9 – Exemple d'élagage d'un réseau de neurones. Un réseau entraîné (à gauche) est densément connecté, mais certaines connections (synapses) et certains neurones peuvent ne jouer qu'un rôle redondant et non significatif dans la prévision en sortie de réseau. Ils peuvent être ôtés, ce qui allège l'architecture du réseau élagué (à droite).

Elle joue un rôle central dans la définition de la responsabilité sociétale (*accountability*) des algorithmes (Hénin et Le Métayer, 2019a). La preuve de loyauté constitue l'un des problèmes les plus épineux de la certification des algorithmes d'apprentissage en vue de leur utilisation à large échelle. Le lecteur intéressé pourra notamment consulter les références Pégny et Ibnouhsein (2018), Besse et al. (2019), Hickok (2021), Del Barrio et al. (2020).

Mécanisme d'attention. Dans un cadre temporel où les données sont des vecteurs (ex. : lecture d'une série temporelle ou d'un énoncé), un mécanisme d'attention dans un réseau de neurones est une méthode d'agrégation d'états (soit les données vectorielles en entrée, soit les données des pas de temps précédents placées dans une mémoire, soit des états de couches cachées dans le réseau). Cette agrégation produit un vecteur unique résumant le *contexte* du pas de temps actuel. Celui-ci est introduit dans le réseau de neurone pour aider à la prévision.

Segmentation. La segmentation d'un ensemble de données \mathbf{x} est la localisation de structures géométriques particulières au sein de ces données, et la mise en évidence de sous-populations. Ainsi, la segmentation d'une IRM de cerveau est la localisation des tissus du cerveau (matière grise, substance blanche, etc.). La segmentation de données clients consiste à les regrouper en *clusters* dans le but (en général) de différencier des politiques commerciales. La segmentation peut être non supervisée, et permet dans ce cas de proposer un label aux sous-populations mises en lumière.

Sur-apprentissage. (*overfitting*) Le sur-apprentissage, ou sur-ajustement, caractérise un apprentissage « trop proche » des données et permettant mal (ou pas du tout) de généraliser le comportement appris à des situations non encore rencontrées. Typiquement, ce phénomène apparaît lorsqu'un modèle d'apprentissage est sur-paramétré et non identifiable : de multiples (voire une infinité de) combinaisons de paramètres peuvent aboutir à une même performance optimale sur les données d'apprentissage.

Système critique. Les systèmes dits *critiques* sont généralement des systèmes industriels dont l'usage est fortement contraint par des normes et susceptible d'être examiné par une autorité indépendante (Howar et Barnat, éditeurs) – celle-ci ayant notamment pouvoir de sanctionner une utilisation fondée sur des approches automatisées ne respectant

pas certains pré-requis. Les systèmes de (cyber)sécurité, les systèmes autonomes, de recommandation, de supervision et de planification, les systèmes d'optimisation de l'ingénierie, des processus et des services en constituent des exemples-phares dans le domaine de l'IA (CE, 2020). En France, la CNIL surveille la réalité de l'anonymisation des données personnelles utilisées dans de nombreux outils de gestion de la clientèle ; l'Autorité des Marchés Financiers (AMF) encadre strictement l'emploi d'algorithmes d'optimisation financière en vérifiant leur incapacité à manipuler les cours (qui n'est pas forcément garantie, actuellement, pour des outils fondés sur de l'AP).

Transformer. Un *transformer* est un modèle d'AP fondé sur des architectures emboîtées d'encodage et de décodage, incluant des mécanismes d'attention et des réseaux. Conçu pour traiter des données séquentielles (telles des données textuelles), il n'a cependant pas besoin de parcourir une séquence dans l'ordre pour être efficace, et offre donc de fortes possibilités de parallélisation, de réduction de temps d'entraînement par rapport à un LSTM et donc d'ingestion de très grandes quantités de données. Pour cette raison, les *transformers* sont rapidement devenus les outils pré-entraînés les plus puissants à ce jour pour traiter les données textuelles.

B. Vision récapitulative de quelques cas d'usage

Cas d'usage	Type de données	Modèle / algorithme principal	Autres outils testés ou envisageables	Contraintes et difficultés de mise en œuvre
Détections de toitures	Une dizaine de Giga-octets d'images aériennes	R-RNC (<i>selective search</i> et RNC)	Fast-RCNN, Faster-RRNC, YOLO, SSD	Hétérogénéité de la qualité des images (contraste et teintes différentes)
Détections de follicules ovariens	Une quinzaine de Tera-octets d'images microscopiques	RNC et <i>windowing</i>	R-CNN ou <i>convolutional windowing</i>	Volumes de données et types de données médicales La taille de la cible par rapport à la taille de l'image
Classification de photographies de produits en fin de chaîne industrielle	Une dizaine de Giga-octets d'images pour l'apprentissage puis un flux vidéo	Forêt aléatoire	GBM	Le pilote et le modèle prédictif doivent ensuite tourner sur un robot dédié
Labellisation multi-classes d'images satellites	Plusieurs dizaines de Giga-octets d'images satellites	ResNet	Inception V3, Forêt aléatoire après construction de <i>features</i> : histogramme des couleurs, détection des contours, HOG	Temps de réalisation très court
Recommandation de tableaux de style similaire	Plusieurs dizaines de Giga-octets d'images de tableaux	VGG19 pour la recommandation de style		Temps dédié pour la réalisation de l'ensemble de l'application (reconnaissance, recommandation, etc.) court

Tableau 1 – Cas d'étude en analyse d'image traités par des outils d'apprentissage profond

Cas d'usage	Type de données	Modèle / algorithme principal	Autres outils testés ou envisageables	Contraintes et difficultés de mise en œuvre
Prédiction (<i>forecasting</i>) du niveau de stock d'une entreprise de transport de marchandises	Données de niveau de stock	ARIMA et Forêt aléatoire		Peu de données
Détection d'apnées du sommeil	Données de capteurs sur des patients (pouls, saturation en oxygène, etc.)	Forêt aléatoire	LSTM, Auto-encodeur	Données bruitées Difficulté de création de <i>features</i>
Segmentation de capteurs d'un bateau afin d'implémenter des modèles de maintenance prédictive	Un Tera-octet de données de capteurs (température, pression, tours/min., etc.)	<i>DTW clustering</i>		Environnement distribué Quantité de données conséquentes Trouver une mesure de distance convenable
Maintenance prédictive de compteurs Linky	Consommations électriques (3000 compteurs, une mesure/heure pendant deux ans)	Forêt aléatoire (FA)		Équilibrage des classes Dates de défaillance non fiables
Détection d'anomalies dans le cadre de lutte anti-fraude	Données de CRM, logs webs	<i>Gradient boosting</i>	Auto-encodeur	Équilibrage des classes Correction du biais de sélection (absence de faux positifs dans l'historique de données)

Tableau 2 – Cas d'étude en analyse de signaux temporels traités par des outils d'apprentissage profond

Cas d'usage	Type de données	Volumétrie des données	Outils testés	Contraintes et difficultés de mise en œuvre
Détection de thèmes – dans des retours clients – dans des tickets	Corpus de documents non-labélisés	10k à 1 million de documents	<ul style="list-style-type: none"> – LDA – ReGex fondées sur des règles métier 	Interprétation des thèmes identifiés
Classification de documents – analyse de sentiments – mail privé / public – sujet d'un retour client – sujet d'un ticket	Corpus de documents labélisés selon leur classe	10k à 1 million de documents	<ul style="list-style-type: none"> – Approche traditionnelle : projection vectorielle (sac-de-mot, TF-IDF ou autre) suivie d'un modèle de classification (SVM, FA, etc.). – Apprentissage profond par RNR 	Obtention d'un corpus labélisé suffisamment important
Moteur de recherche	Corpus de documents dont un sous ensemble est labélisé comme pertinent ou non selon des recherches	<ul style="list-style-type: none"> – Corpus total : plus de 100k documents – Sous-ensemble labélisé : quelques milliers 	<ul style="list-style-type: none"> – Similarité cosinus sur représentation vectorielle du document (TF-IDF, <i>doc2vec</i> ou autre) – <i>word2vec</i> pour la détection non-supervisée de synonymes 	Obtention d'un corpus labélisé suffisamment important

Tableau 3 – Cas d'étude en analyse du langage naturel traités par des outils d'apprentissage profond

Cas d'usage	Type de données	Volumétrie des données	Outils testés	Contraintes et difficultés de mise en œuvre
Chatbot	Arbre de décision utilisé par les opérateurs, ou corpus de réponses préconstruites, parmi lesquelles l'algorithme doit choisir la plus pertinente, ou label pour approche supervisée	10k à 1 millions de messages	<ul style="list-style-type: none"> – LDA – Analyse de sentiment – Algorithme de classification 	À ce jour, on vise plutôt à résoudre 80% des cas (simples), pour alléger le travail des opérationnels. Les cas compliqués sont encore très difficiles à traiter.
Reconnaissance d'entités nommées <ul style="list-style-type: none"> – compétences d'un CV ou d'une offre d'emploi – éléments clés d'une opération financière 	Texte labellisé (chaque mot classifié dans une catégorie)	Quelques milliers de documents	<ul style="list-style-type: none"> – Champ aléatoire conditionnel – Chaîne de Markov – RNR 	Obtention d'un corpus labellisé suffisamment important

Tableau 4 – Cas d'étude en analyse du langage naturel traités par des outils d'apprentissage profond

Ouvrir la boîte noire des statistiques du développement : le groupe AMIRA (Amélioration des méthodes d'investigation en milieu rural africain) dans la revue *StatÉco* (INSEE)



Cyprien ROUSSET¹

Ariane SESSEGO²

Élèves de l'École normale supérieure, département de sciences sociales

TITLE

Opening the « Black Box » of Development Statistics: the AMIRA Group (Amelioration of Investigation Methods in Rural Africa) in *StatÉco* (INSEE)

RÉSUMÉ

À la jonction entre l'INSEE, l'ORSTOM et le ministère de la Coopération, le groupe AMIRA (Amélioration des méthodes d'investigation en milieu rural africain) a mené entre 1975 et 1988 des réflexions méthodologiques autour des statistiques socio-économiques du développement, sous un angle pluridisciplinaire innovant, faisant écho aux débats méthodologiques actuels de l'économie du développement, et qui semblent pourtant être aujourd'hui oubliés. Comment ce groupe est-il né ? Comment comprendre la place de ses réflexions, portant sur le secteur informel, les unités statistiques et le rapport au terrain ? Et quels sont ses héritages aujourd'hui ? La socio-histoire de ce groupe se propose d'ouvrir des pistes pour éclairer les usages contemporains des statistiques du développement.

Mots-clés : coopération statistique post-coloniale, développement, méthodologie de la quantification, statistiques socio-économiques, pluridisciplinarité.

ABSTRACT

At the junction between the National Statistics Administration (INSEE), ORSTOM, and the Ministry of Cooperation, the AMIRA Group carried out, between 1975 and 1988, methodological studies on socio-economic statistics in the context of development using an innovative multidisciplinary approach in resonance with the current methodological debates in development economics, but that today appear to have been forgotten. How was this group born? How can we understand the influence of its reflections on the quantification of the informal sector, statistical units and fieldwork? And what is its legacy today? The socio-history of this group can open paths to understanding contemporary practices in development statistics.

Keywords: post-colonial statistical cooperation, development, methodology of quantification, socio-economic statistics, multidisciplinary.

1. cyprien.rousset@ens.psl.eu
2. ariane.sessego@ens.psl.eu

« Comment en effet calculer la ration d'un individu ou d'un saré (unité d'habitation) quand on constate que chaque épouse du chef de famille a sa cuisine, que les plats s'échangent, qu'au moment des repas des groupes – hommes d'un côté, femmes et enfants de l'autre – composés de membres de plusieurs familles ou habitations se forment en mettant en commun leurs plats et ce au gré des circonstances ? Comment établir un budget lorsque la décision varie, depuis l'individu jusqu'au chef de village, en fonction de la nature même de la dépense ou de la source de revenus ? Bref tout circulait selon des règles certainement codifiées mais totalement rebelles au désir "d'unité" des statisticiens. Je m'arrachais les cheveux pour cerner ces fameuses unités statistiques – ménages, groupes budgétaires, groupes alimentaires – qui ne coïncidaient guère avec les structures locales. »

Réflexions sur la mise en place de la première enquête statistique sur la consommation et le niveau de vie des populations dans l'Adamaoua, Cameroun en 1963.

Gérard Winter, *À la recherche du développement : un fonctionnaire au service d'une passion*, 2010

« Le plus difficile n'est pas de quantifier mais de qualifier de façon cohérente l'ensemble des interrelations. »

Gérard Ancey, « Niveaux de décision et fonctions objectif en milieu rural africain », *StatÉco*, n°8, 1976

1. Introduction

L'essor des expériences randomisées marque aujourd'hui le renouveau des théories du développement, aspirant à l'élaboration de « politiques fondées sur les faits » (*evidence-based policy*, Bruno, 2015). Ces méthodes suscitent cependant de nombreux débats politiques et méthodologiques (Bédécarrats, Guérin, Roubaud, 2013 ; Deaton et Cartwright, 2016), comme l'ont montré les réactions au prix de la Banque de Suède en sciences économiques en mémoire d'Alfred Nobel, qui a distingué pour cette nouvelle approche Esther Duflo, Michael Kremer et Abhijit Banerjee en octobre 2019. Cette querelle des méthodes appelle à replacer dans une perspective socio-historique les statistiques du développement, appuis fondamentaux mais controversés à la recherche et aux politiques du développement.

L'étude critique des statistiques du développement s'inscrit dans une analyse initiée par Alain Desrosières, portant sur « *l'amont de la chaîne de production et d'usages des statistiques, c'est-à-dire au moment de la conception et de la mise en œuvre de la collecte des informations qui sont à l'origine de ces statistiques* » (Desrosières, 2014, chapitre 6). L'histoire longue des statistiques du développement insiste avant tout sur le manque de données dans les pays les plus pauvres – dont de nombreux sont situés en Afrique subsaharienne – (Jerven, 2013) et les controverses liées à leurs usages politiques (Fioramonti, 2014 ; Egil, 2015) souvent évoqués sous le registre de la manipulation (Bonnecase, 2015). Cependant, l'Afrique post-coloniale et contemporaine a été et continue d'être le lieu de réflexions critiques, d'innovations et d'usages nouveaux, qu'il faut comprendre dans leurs contextes propres et pour les usages qui leur sont destinés, comme l'ont montré Louise Barré sur l'usage du sondage démographique dès les années 1950 en Côte d'Ivoire (Barré, 2017) ou François Enten analysant les outils de gestion de crise alimentaire et l'évolution des méthodes de calcul de l'État éthiopien contemporain (Enten, 2017)³.

C'est dans cette perspective que nous souhaitons aborder les travaux du groupe Amélioration des méthodes d'investigation en milieu rural (AMIRA). En effet, ils permettent d'éclairer sous

3. Voir également le numéro 145 de la revue *Politiques africaines* dirigé par Boris Samuel, dont sont extraits les articles illustrant cette approche.

un nouvel angle la réflexion et la production statistique en Afrique post-coloniale francophone, fruit d'une co-production entre les États nouvellement indépendants et les administrations françaises. Groupe français actif de 1975 à 1988, à cheval entre l'INSEE⁴ et l'ORSTOM⁵ et soutenu par le ministère français de la Coopération, AMIRA constitue une expérience courte mais novatrice de réflexions méthodologiques et d'innovations techniques et s'inscrit dans une coopération statistique entre les administrations nationales nouvellement souveraines et les anciens pouvoirs coloniaux. Structure souple ayant réuni une centaine de membres d'horizons divers (statisticiens, sociologues, anthropologues, géographes...), le groupe AMIRA met en œuvre une approche pluridisciplinaire pour l'élaboration d'une représentation statistique fidèle du monde économique et social, initialement dans les milieux ruraux africains, puis incluant par la suite les milieux urbains, l'Asie et l'Amérique latine. Près de soixante-dix notes ont été produites, qui s'attachent à ouvrir et à interroger la « boîte noire des statistiques » (Desrosières, 1992). L'activité du groupe a notamment abouti à la publication à la Banque mondiale d'une note synthétisant leurs réflexions⁶.

Mettant au premier plan les statistiques comme une « série d'arrangements, de jeux de composition, d'utilisation de ficelles » (Samuel, 2017)⁷, les réflexions de ce groupe font écho aux controverses aujourd'hui au cœur de l'économie et des politiques du développement. On peut alors chercher à mettre ses travaux et ses activités en perspective : quelle a été la place d'AMIRA et de ses réflexions dans les milieux statistiques et dans la pratique de la statistique au sein de la coopération statistique française et des instituts statistiques francophones ? Quels sont ses apports méthodologiques et épistémologiques ? Que peut-on considérer comme héritage de ce groupe après sa dissolution en 1988 ? Il s'agit ici, en retraçant les principales caractéristiques et travaux du groupe, de proposer une socio-histoire de ses réflexions critiques et méthodologiques sur les statistiques socio-économiques du développement depuis la France, tout en cherchant à les replacer dans son contexte international.

1.1 Contexte de la coopération statistique franco-africaine

Le groupe AMIRA s'inscrit d'abord dans le cadre d'une coopération statistique protéiforme entre la France et ses anciennes colonies, témoignant d'une certaine continuité avec la période coloniale. En effet, les trente dernières années de la colonisation ont été celles d'une affirmation croissante de l'État dans les colonies. Au cœur de la domination coloniale, cet « État développementaliste » (Bonneuil, 2000) met en place des politiques « volontaristes » de connaissance et d'action passant par la production de chiffres sur la croissance et le revenu par habitant dans les colonies⁸, même si les réalisations restent pour beaucoup en-deçà des ambitions initiales. Les pays nouvellement indépendants se sont saisis de ce volontarisme économique et social, poursuivant et amplifiant cette tendance par l'intermédiaire de plans de développement, alimentant en statistiques les besoins des gouvernements et des bailleurs de fonds (Bonnecase, 2015). Ces premières décennies d'indépendance sont également marquées par la persistance de dépendances à l'appareil étatique français, notamment statistique, marquées par une forte « assistance technique » de la France. Cette continuité s'illustre par une mise à disposition de personnels : plusieurs dizaines de milliers d'assistants techniques « résidentiels » (à moyen ou long terme, dont de nombreux membres d'AMIRA ont fait partie)

4. Institut National des Statistiques et Études Économiques.

5. Office de la Recherche Scientifique et Technique d'Outre-Mer, l'un des principaux organismes de recherche centré sur le développement, créé en 1943. Il est devenu en 1998 l'IRD (Institut de Recherche pour le développement), avec un statut d'EPST (Établissement public à caractère scientifique et technique) lui conférant des prérogatives et contraintes nouvelles pour son personnel.

6. Dubois J.-L. (1992), « Think before measuring: methodological innovations for the collection and analysis of statistical data », *Social dimensions of adjustment in sub-Saharan Africa working paper*, n° 7, Washington DC, World Bank.

7. Réflexion faisant notamment écho aux travaux de l'anthropologie de la quantification de l'économie et de la finance, dans les pays à faible revenu tout comme dans les pays à haut revenu : Harper R. H. R. (1998), *Inside the IMF. An Ethnography of Documents, Technology and Organizational Action*, San Diego, Academic Press, pp. 122 et suivantes ; Mussa M. et M. Savastano (1999), « The IMF Approach to Economic Stabilization », *IMF Working Paper*, n° 104, pp. 1-42 ; Fourquet F. (1980), *Les comptes de la puissance. Histoire de la comptabilité nationale et du plan*, Paris, Éditions Recherches.

8. La création de l'ORSTOM en 1944 fait partie de cette volonté de produire du savoir dans une perspective interventionniste.

sont présents dans les anciennes colonies dans les décennies 1960 à 1980 (Charnoz et Severino, 2015). En 1980, ces derniers estiment leur nombre à 23 000, dont des statisticiens INSEE (de l'ordre de plusieurs dizaines au moins, jusqu'à une centaine⁹) ; l'INSEE contribue également à la formation des statisticiens africains, en publiant par exemple en 1963 un « manuel de comptabilité nationale » à destination des pays francophones d'Afrique¹⁰.

Au-delà de cette relation post-coloniale, les années 1960 à 1980 sont aussi marquées par l'émergence des institutions internationales : elles deviennent en effet, suite aux indépendances, des acteurs majeurs du développement, intensifiant la production de savoirs et de statistiques. Ainsi, le développement économique suscite un engouement et s'inscrit pour la première fois à l'agenda politique international : la décennie 1960-1970 est déclarée « Décennie des Nations Unies pour le développement ». Cette diversification des acteurs est rapidement suivie, à partir des années 1970, de déconvenues, face aux effets limités des politiques mises en œuvre, à l'origine d'une remise en question ainsi qu'un renouveau des théories économiques (Assidon, 2002). C'est dans cette période de foisonnement et d'émergence de champs spécialisés qu'AMIRA émerge, avant que ce tournant ne prenne une orientation définitivement libérale à partir du milieu des années 1980, au grand dam du groupe, laissant la place aux politiques d'ajustement structurel.

1.2 Sources et méthodes

1.2.1 Saisir les réflexions d'AMIRA dans le cercle des praticiens : la revue *StatÉco*

Nous avons avant tout travaillé à partir de la revue *StatÉco* et des contributions qu'y a faites AMIRA. Publié par André Ficatier et quelques statisticiens exerçant en Afrique à partir de 1972, repris par le service de coopération de l'INSEE en 1976, *StatÉco* est un « bulletin de liaison des statisticiens et économistes exerçant leurs activités en Afrique », envoyé gratuitement aux statisticiens et aux coopérants, créé pour aborder les problèmes techniques et méthodologiques des statistiques et des défis du développement en Afrique¹¹.

Le corpus étudié est composé de l'ensemble des numéros de *StatÉco* publiés depuis 1972, soit 112 numéros, avec des périodicités fluctuantes, de l'ordre de trois à quatre numéros annuels. L'ensemble de ces numéros sont numérisés et accessibles numériquement, ce qui en a facilité une étude exhaustive et partiellement quantifiée¹². Chaque numéro compte entre 4 et 10 articles, ainsi que des notes de lecture et des comptes rendus de colloques statistiques. Jusqu'à 2010, et peu de temps avant sa numérisation en 2013, le nombre de tirages n'a cessé d'augmenter, passant de 650 à 2000 exemplaires papiers en 2010 (Figure 1).

9. Entretien.

10. *ibid.*

11. Ficatier A. (1972), « Éditorial », *StatÉco*, n° 1 ; Cling J.-P. et B. Leenhardt (2006), « Éditorial : 100 numéros de *StatÉco* », *StatÉco*, n° 100.

12. http://www.epsilon.insee.fr/jspui/handle/1/14666/browse?type=anneepublication&sort_by=2&order=ASC&rpp=50&etal=0&submit_browse=Mettre+%C3%A0+jour.

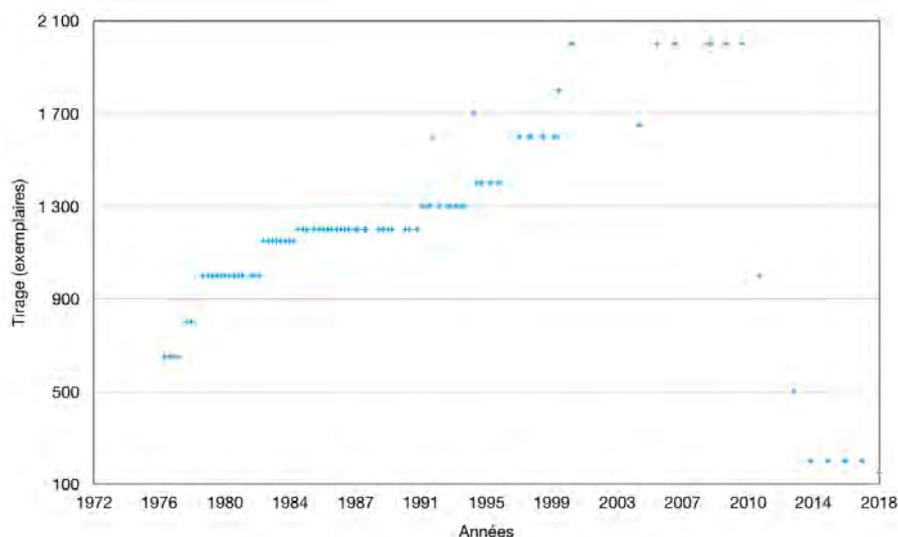


Figure 1 – Tirage de la revue *StatÉco* entre 1972 et 2018. Les données sont manquantes pour dix-neuf numéros. La revue est digitalisée en 2013.

AMIRA a publié ses travaux sous la forme d'une soixantaine de notes. *StatÉco*, en en reprenant un grand nombre (notamment les articles emblématiques comme la présentation d'AMIRA¹³), a été pour le groupe l'un des principaux canaux de communication de ses réflexions, notamment en direction des statisticiens et autres praticiens du développement en poste en Afrique. L'étude des réflexions et de la production d'AMIRA par l'intermédiaire de cette revue, outre son accessibilité, nous permet d'avoir un éclairage pratique sur la place des réflexions d'AMIRA dans les cercles des praticiens.

Il s'agit en effet pour nous d'aborder le groupe au sein du contexte statistique de l'époque, de façon contextuelle et relationnelle, en situant les réflexions d'AMIRA au sein de l'ensemble des publications de la revue, et saisir comment elles ont pu structurer ou surprendre le milieu des statisticiens et autres praticiens travaillant sur ou en Afrique. Elle nous permet ainsi d'étudier la co-production statistique entre des administrations nationales souveraines et un ancien pouvoir colonial, par le biais de l'INSEE et des autres institutions françaises impliquées, au cours de cette période.

1.2.2 Le point de vue d'acteurs : un entretien et des mémoires

Nous avons également réalisé un entretien avec Gérard Winter – fondateur du groupe AMIRA –, Jean-Pierre Cling – actuel directeur de la coopération à l'INSEE et ancien directeur du laboratoire DIAL¹⁴ – et Constance Torelli – responsable de la coopération Afrique à l'INSEE et dernière rédactrice en chef de *StatÉco*. Cet entretien nous a permis d'en avoir l'éclairage d'un acteur, mais aussi de saisir l'écho d'AMIRA appréhendé par ses producteurs, et de son héritage aujourd'hui au sein de l'INSEE et au-delà, dans un contexte de fort déclin de la coopération statistique (notamment dans sa partie de réflexion méthodologique) depuis les années 2000¹⁵.

Enfin, notre recherche s'est appuyée sur d'autres sources écrites, notamment les mémoires de G. Winter (*À la recherche du développement*, 2010), l'introduction de *Les apparences intelligibles* (1996) de Philippe Couty – anthropologue de l'économie et l'un des membres centraux du

13. Winter G. (1976), « Présentation du groupe de recherche AMIRA », *StatÉco*, n° 7.

14. Laboratoire Développement, Institutions et Analyses de Long Terme, qu'il dirige de 2000 à 2006.

15. Entretien.

groupe –, ainsi que plusieurs articles et livres que l'on trouvera en bibliographie.

2. L'expérience AMIRA, 1975-1988 : une réflexion méthodologique pluridisciplinaire adressée aux statisticiens et aux praticiens

2.1 La fondation d'AMIRA : les cadres statistiques confrontés au terrain

Le groupe AMIRA est né en septembre 1974, dans une période de renouveau des théories économiques du développement, face au constat de l'inadéquation des méthodes d'investigation utilisées pour comprendre et promouvoir le développement, particulièrement dans les milieux ruraux africains :

« Les graves difficultés et les échecs trop nombreux lors des interventions en milieu rural africain ont amené les membres du Groupe à prendre conscience de la nécessité de réviser conception et objectifs des interventions, donc de réviser les outils d'investigation et d'analyse. Un élargissement du cadre des investigations par une réelle pluridisciplinarité est apparu comme indispensable et possible. »¹⁶

Il se met à fonctionner effectivement au début de l'année 1975 sous la forme d'un groupe de travail pluridisciplinaire réunissant anthropologues, économistes, statisticiens et planificateurs de l'INSEE, de l'ORSTOM, du ministère de la Coopération et des bureaux d'études, ayant une expérience de terrain en milieu rural africain, puis s'étendra progressivement pour englober les problématiques d'autres pays en voie de développement, en Asie et en Amérique latine.

À partir de leur ancrage empirique, les différents participants au groupe mènent une critique des théories du développement. Socio-économiste spécialiste du développement rural et membre d'AMIRA, Dominique Gentil¹⁷ souligne en effet que l'une des caractéristiques de cette « *génération de relativement jeunes chercheurs de 30 à 40 ans* » réside dans le fait qu'ils reviennent à Paris après une dizaine d'années de terrain¹⁸. Ils sont d'autant plus susceptibles d'apercevoir les limites qu'induit l'application d'approches et de méthodes statistiques apprises en France au milieu rural africain.

L'expérience de Gérard Winter, membre fondateur du groupe, illustre ce sentiment d'inadéquation des méthodes au terrain ressenti par de nombreux membres avant la création d'AMIRA. Ainsi en 1963, pour sa première mission en tant que statisticien à l'ORSTOM, sortant tout juste de l'ENSAE, Gérard Winter est affecté dans l'Adamaoua au Cameroun, pour diriger une enquête budget et consommation des ménages vouée à orienter la politique planificatrice de l'État nouvellement indépendant. Il décrit, *a posteriori*, les problèmes qu'il a rencontrés : « *Comment établir un budget lorsque la décision varie, depuis l'individu jusqu'au chef de village, en fonction de la nature même de la dépense ou de la source de revenus ? Bref tout circulait selon des règles certainement codifiées mais totalement rebelles au désir "d'unité" des statisticiens. Je m'arrachais les cheveux pour cerner ces fameuses unités statistiques – ménages, groupes budgétaires, groupes alimentaires – qui ne coïncidaient guère avec les structures locales.* »

AMIRA naît ainsi en 1974 d'une ambition de réflexion méthodologique ; Gérard Winter écrit ainsi, « *Je considérais que la discipline statistique, la rigueur de la formalisation, les exigences d'une*

16. Winter G. (non daté), « Présentation du groupe AMIRA, bilan et perspectives », Communications de l'ORSTOM.

17. Voir Encadré 1 pour une présentation des principaux membres d'AMIRA.

18. Cité par Doligez F. (2016), « Retour sur l'expérience d'Amira, 1975-1988 », *Afrique contemporaine*, vol. 258, n° 2, pp. 132-34

quantification même approximative – bref tout ce que l'on m'avait appris – devaient se conjuguer avec les finesses disons de l'anthropologie et plus généralement de l'ensemble des sciences sociales. [...] C'est cette conjugaison des deux modes d'approche du réel qui sera l'objectif premier du groupe AMIRA »¹⁹. En 2006, Jacques Charmes, économiste statisticien revenant sur son expérience au sein d'AMIRA, écrit : « Les travaux d'AMIRA se plaçaient dans une logique pluridisciplinaire et utilisaient les connaissances anthropologiques pour adapter au contexte africain les concepts et instruments de la mesure statistique forgés au Nord. »²⁰

L'objectif du groupe est de mettre en avant l'importance fondamentale de l'information dans le processus de compréhension et d'action pour le développement. Pour cela, le groupe se propose de réfléchir, de façon inductive, c'est-à-dire en partant du terrain étudié, à la conception des méthodes d'investigation, leur mise en place et leur traitement, et d'articuler ces éléments avec l'élaboration d'une théorie de la transition économique. Il s'agit avant tout d'amener les méthodes d'investigation statistique à un dialogue avec des approches qualitatives, proches des sciences humaines, telles que les monographies.

Ces réflexions ont cependant une visée avant tout pratique, qui s'inscrit dans la continuité de la production volontariste de connaissance et d'action propre à l'« État développementaliste » (Bonneuil, 2000) : le groupe se donne en effet pour but de « déboucher sur des conclusions opératoires qu'il faudra tester sur le terrain », les notes étant des programmes visant à critiquer des pratiques actuelles et en expérimenter de nouvelles, ce dont se chargeront certains membres. C'est ce que nous illustrerons par la suite en détaillant certaines enquêtes menées par le groupe.

2.2 La rencontre innovante de plusieurs traditions

Le groupe se crée dans un contexte d'expansion des activités de coopération²¹ à l'INSEE et à l'ORSTOM, et de ce que Jacques Charmes qualifie d'un « bouillonnement intellectuel »²² autour des questions de développement. AMIRA hérite à la fois de l'approche anthropologique de l'économie des sciences coloniales dominante et de la grande époque des théories de la modernisation. Ces dernières connaissent leur apogée dans les années 1960 et mettent en avant les déterminants macroéconomiques et la planification, mais elles commencent à être mises en cause face aux effets limités des politiques volontaristes mises en place. La spécificité d'AMIRA est d'avoir réussi à faire dialoguer ces deux traditions : l'approche économique quantitativiste (représentée par les économistes-statisticiens formés à l'ENSAE²³, tels que Gérard Winter) et d'autres disciplines de tradition qualitative, notamment l'anthropologie économique (que pouvait représenter notamment l'économiste anthropologue Philippe Couty).

Ses membres sont marqués par l'époque de l'entrée de la théorie macroéconomique en pleine expansion dans l'espace des études du développement au cours des années 1960. Ils font pour beaucoup partie du renouvellement générationnel que ce tournant a entraîné, et qui a ouvert en outre le domaine du développement aux économistes-statisticiens. Ils s'inscrivent ainsi dans un mouvement d'accroissement de la production statistique initié au sortir de la Seconde Guerre mondiale, sous l'égide de l'INSEE et du service central des statistiques du ministère de la France d'Outre-Mer, marqué par les premiers calculs de revenu national en Afrique Occidentale Française en 1953 et 1955 à partir de données administratives déjà existantes (Bonnecase, 2015 ; Touchelay, 1998), puis par les premières enquêtes par sondage, dirigées notamment par Gérard Théodore (Touchelay, 1998).

19. Winter G. (2010), *À la recherche du développement : un fonctionnaire au service d'une passion*, Paris, Karthala.

20. Charmes J. (2006), « L'héritage d'AMIRA », *StatÉco*, n° 100.

21. G. Winter parle des années 1960-70 comme d'une « grande époque de la coopération », avec une « politique qui avait des moyens ». L'ORSTOM et l'INSEE recrutèrent de façon conséquente (entretien).

22. Charmes J. (2006), « L'héritage d'AMIRA », *StatÉco*, n° 100.

23. École nationale de la statistique et de l'analyse économique.

Cette nouvelle génération, plus nombreuse que la précédente, marque l'arrivée de statisticiens dans de nouvelles institutions au-delà de l'INSEE, offrant les conditions propices aux échanges interdisciplinaires qui caractériseront AMIRA. Gérard Winter décrit ainsi son entrée dans l'ORSTOM en 1962 comme un moment de « *très grand dynamisme, beaucoup de jeunes, c'est ça qui était très intéressant. Les administrateurs étaient tous des jeunes.* » Premier statisticien et macro-économiste à l'ORSTOM aux côtés d'un autre polytechnicien, il se qualifie lui-même « d'oiseau bizarre »²⁴ lors de son arrivée au milieu des années 1960, face aux « anthropologues économistes » qui dominaient la maison.

De l'autre côté, Philippe Couty, anthropologue de l'économie, retrace dans ses mémoires cette entrée des économistes-statisticiens non sans une pointe d'ironie :

« *On revenait de loin. À la veille et au lendemain des indépendances, on avait vu s'abattre sur l'Afrique une cohorte de statisticiens entrepreneurs, dotés de moyens substantiels et de grandes ambitions, très confiants dans la puissance de leur instrument. Ils propageaient avec innocence un modèle culturel sur lequel il était mal vu d'ironiser.* »²⁵

AMIRA est né d'un dialogue fécond qui a vu le jour entre ces quelques membres de ces deux traditions, qui n'avaient pourtant pas tout pour s'entendre. Philippe Couty écrit ainsi : « *On dit parfois que le groupe était né de la découverte de l'anthropologie par quelques statisticiens non-conformistes, mais le groupe AMIRA est né aussi de la préoccupation sincère qu'ont eue des économistes un peu sociologues de prendre en compte la pratique statistique, d'en mesurer les avantages et les inconvénients, d'en tirer le meilleur parti possible et d'en explorer tous les prolongements.* »²⁶. Il oppose ces économistes et statisticiens ouverts au dialogue aux statisticiens « *sûrs d'eux, dominateurs, forts de leurs rapports étroits avec les autorités, jouissant de l'avantage procuré par la vision globale et distanciée du spectacle économique* »²⁷. Ce dialogue semble favorisé par la position encore minoritaire des statisticiens au sein de l'ORSTOM au cours des années 1960, encourageant un dialogue avec les autres disciplines.

Ce dialogue apparaît alors relativement nouveau, rompant en partie avec le cloisonnement des statisticiens-économistes. Il semble constituer un retour réflexif par rapport aux premières grandes enquêtes organisées au début des années 1960 qui ont forgé les premières expériences des membres du groupe (à l'image de l'enquête consommation dans l'Adamaoua (Cameroun) dirigée par Gérard Winter faisant partie des grandes campagnes d'enquête de Gérard Théodore et Albert Ficatier). Il semble cependant, comme le souligne Alain Desrosières (Desrosières, 2013a), que l'on puisse trouver des précurseurs à cette approche dans les expériences menées par Bourdieu, Darbel, Seibel et Rivet en Algérie en guerre à la fin des années 1950 et au début des années 1960. Dans le cadre de l'INSEE, ces travaux visaient à associer entretiens ethnographiques et enquêtes par sondage, afin de produire un tableau fidèle des conditions de vie et de travail des Algériens, et en particulier des travailleurs agricoles. Ils débouchent notamment sur la publication de l'ouvrage *Travail et Travailleurs en Algérie* (1963), et apparaissent comme les premiers travaux articulant approches quantitatives et qualitatives pour questionner de manière critique les catégories statistiques (Desrosières, 2013a), approche chère à AMIRA.

De plus, au sein d'une coopération statistique française « intense » (Savoye, 2016), dans la droite lignée de la colonisation, la présence prolongée sur le terrain est encouragée. Philippe Couty est présent sur le terrain entre 1959 et 1970 (au Cameroun, au Tchad puis au Sénégal) et Gérard Winter entre 1962 et 1972 (au Cameroun, de l'Adamaoua au ministère de la planification à la capitale, Yaoundé). Ce dernier désigne ces expériences comme celles de « *statisticiens colo* »,

24. Entretien.

25. Couty Ph. (1996), *Les apparences intelligibles*, Paris, Ed. Arguments, « Introduction ».

26. Couty Ph., *op. cit.*

27. Couty Ph., *op. cit.*

avant de préciser que « *bon, ça s'appelait plus colo. Ça s'appelait coopération.* », soulignant avec une pointe critique la continuité de leur présence avec la période coloniale. Cette présence prolongée sur le terrain, s'inscrivant malgré lui dans un imaginaire colonial persistant et de catégories héritées de la statistique française en Afrique, est toutefois à l'origine d'une plus grande réflexivité méthodologique qui donnera naissance à AMIRA.

C'est en effet plus généralement le champ du développement qui apparaît propice à l'innovation statistique, comme le souligne Alain Desrosières (Desrosières, 2013a). En effet, il considère que les pays « en voie de développement » sont des « pays où les conventions et les catégorisations sont moins instituées et routinisées qu'elles ne le sont dans des pays développés » (Desrosières, 2013a). Cela ouvre un espace propice à l'interrogation de l'« amont de la chaîne statistique » et à l'innovation méthodologique, d'autant plus, selon Alain Desrosières, pour des statisticiens formés en Europe, confrontés à une réalité sociale, politique et économique différente. Enfin, le caractère périphérique de la problématique du développement rural notamment permet au groupe une certaine liberté d'innovation face à des champs disciplinaires plus constitués.

AMIRA s'insère dans cette lignée qui mobilise les ressources institutionnelles de son temps, en faisant dialoguer la tradition quantitative de la statistique et des nouvelles théories macroéconomiques de la modernisation, et une tradition qualitative marquée par la sociologie et l'anthropologie économique héritières des études coloniales. Il s'agit pour eux de pallier les limites respectives de ces deux approches : une inadéquation des catégories statistiques alors en usage à la réalité pour l'une, la difficulté de la généralisation pour les monographies de l'autre.

2.3 Les conditions de production institutionnelle : AMIRA, un groupe « marginal-sécant » à la croisée de plusieurs institutions, mobilisant leurs traditions et leurs moyens

Cette volonté d'embrasser plusieurs traditions se traduit par un fonctionnement très souple du groupe et ses appartenances institutionnelles. Différents chercheurs participent aux groupes de travail, formant son « Assemblée générale » (comité permanent qui compte environ seize personnes), et organisent des ateliers et des colloques. Ce sont avant tout les notes qui constituent l'unité du groupe : les auteurs proposent des articles, soumis à l'INSEE, et qui sont éventuellement acceptés, retravaillés et publiés sous forme de notes AMIRA. Ces publications sont ensuite diffusées à un réseau de correspondants (une quarantaine de centres de documentation et environ 300 personnes, surtout en Afrique, et pour quelques-uns en Asie et en Amérique latine)²⁸. Le groupe repose cependant sur un noyau dur, constitué de trois chercheurs mis à disposition à plein temps et hébergés au sein du service de coopération de l'INSEE ; G. Winter, formé avec les administrateurs de l'INSEE, chef de la division Études et Méthodes au sein du service de coopération de l'INSEE, Philippe Couty, économiste anthropologue, et Jacques Charmes, économiste statisticien, tous trois chercheurs détachés de l'ORSTOM (Encadré 1).

Il n'y a pas d'« appartenance AMIRA » propre et le groupe lui-même rassemble une diversité d'opinions ; sa position institutionnelle est particulièrement originale et reflète ses spécificités générationnelles et pluridisciplinaires. AMIRA est en effet à cheval entre trois institutions, l'INSEE, l'ORSTOM et le ministère de la Coopération, ce qui permet notamment d'accroître les moyens à disposition, dans un contexte de développement de la coopération où les moyens ne manquent pas :

28. Gentil D. (2013), *Au cœur de la coopération internationale, trajectoires d'un praticien*, Paris, Karthala, cité par Doligez F. (2016), « Retour sur l'expérience d'Amira, 1975-1988 ». *Afrique contemporaine*, vol. 258, n° 2, pp. 132-134.

« d'abord [...] l'ORSTOM acceptait de mettre à disposition des chercheurs à temps plein, c'est quand même 3 chercheurs à temps plein, c'est quand même pas mal. Plus les autres qui se mobilisaient, ça posait pas de problème, on avait ça, on avait les moyens de l'INSEE. Pour StatÉco, l'INSEE n'a jamais dit un mot sur le coût que ça pouvait avoir... sans arrêt, ça faisait partie de son budget normal. Donc l'INSEE mettait des moyens et ce qui a été très important, c'est que le ministère de la Coopération, sous la forme de ce qu'on appelait à l'époque, des actions incitatives, nous a mis un budget régulier pour faire les missions, pour faire les réunions, donc voilà on avait une sorte de tutelle du ministère de la Coopération. »²⁹

De plus, chaque institution apporte une tradition disciplinaire et un savoir-faire spécifiques. L'ORSTOM est avant tout un organisme de recherche, regroupant de nombreuses disciplines, proches de la tradition monographique, comme la sociologie, l'anthropologie, la géographie et l'anthropologie économique, dont Philippe Couty est un exemple éminent, déployé sur le terrain avec des centres de recherches. L'alliance d'une connaissance du terrain et d'un savoir-faire statistique technique pointu se double d'un fort soutien public par l'intermédiaire du ministère de la Coopération.

L'INSEE est tournée vers la statistique, et son rôle au sein de la coopération a notamment consisté à contribuer à la mise en place d'institutions statistiques nationales dans les anciennes colonies : elle apporte donc une maîtrise technique et une tradition macroéconomique dominante. À l'INSEE, AMIRA hérite en sus de la tradition de son département méthodologique, marqué par les premières expériences de questionnements méthodologiques de Bourdieu et de son équipe de statisticiens en Algérie à la fin des années 1950, au travers des travaux d'Anita Bensaïd (Samuel, 2016, pp. 915-916). Sociologue chargée de mission, à la tête d'une équipe de chercheurs au sein du service de coopération de l'INSEE alors dirigé par Alain Ficatier, au moment de l'arrivée de Gérard Winter à l'INSEE en 1973³⁰, elle a été une pionnière des réflexions méthodologiques sur les enquêtes en Afrique francophone au début des années 1970 (Bensaïd 1969 ; Bensaïd et al., 1970), notamment sur la question des unités d'observation. Si AMIRA s'inscrit dans la droite lignée de ces travaux, Gérard Winter décrit Anita Bensaïd comme n'ayant « jamais fait d'enquêtes », bien qu'elle ait eu quelques expériences, notamment celle d'une enquête sur la consommation à Fort-Lamy (Tchad) en 1971³¹. C'est donc la revendication, en creux, d'un rapport de proximité au terrain qui, selon Gérard Winter, les différencie.

Cette position à la jonction entre différentes institutions et leurs traditions est illustrée par certains de ses membres, comme Gérard Winter, entre l'INSEE et l'ORSTOM, ou Pierre-Alain Gall, entre l'INSEE et le ministère de la Coopération. Gérard Winter présente ainsi le rôle de ce dernier :

« Il se trouve que la tutelle du ministère de la Coopération, c'était un attaché de l'INSEE, qui était à mi-temps à l'INSEE, à mi-temps au ministère de la Coopération, pour organiser la politique de coopération statistique stricto sensu. Pierre-Alain Gall. Ça aussi, c'était une commodité inouïe d'avoir des entrées au ministère de la Coopération très facilement, il était notre porte-parole. »³²

AMIRA a donc bénéficié de ce que l'on pourrait appeler une position de marginal-sécant (Crozier et Friedberg, 2014 [1977])³³ à la jonction de ces trois institutions, et de leurs traditions et objectifs

29. Entretien.

30. Entretien.

31. Qui avait pour objectif d'estimer des indices des prix à la consommation sur la demande du ministère de la planification au Tchad ; on trouve le compte rendu de l'enquête dans *StatÉco*, n°2, juillet 1972, Anita Bensaïd, « Indice des prix à la consommation : présentation de la méthode utilisée à Fort-Lamy ».

32. Entretien.

33. L'appartenance du « marginal-sécant » à plusieurs univers lui confère un rôle d'interprète et une maîtrise des systèmes de règles différents et éventuellement concurrents. En effet, cette plus grande indépendance du groupe vis-à-vis des organisations auxquelles il est rattaché « ménagera une marge de manœuvre, et surtout d'expérimentation, plus grande à l'égard des jeux existants, ne serait-ce que parce que la sanction suprême - l'exclusion de l'organisation - a moins de prise sur eux » (Crozier et Friedberg, 2014 [1977], p. 220).

différenciés, dans un contexte propice à l'innovation et dans un moment historique d'expansion importante de la coopération française, au lendemain des indépendances africaines. La question se pose alors de déterminer ses apports et surtout la place que le groupe occupait dans les milieux statistiques et tout particulièrement auprès des praticiens.

Encadré 1. Portraits et trajectoires de membres d'AMIRA

L'étude du groupe AMIRA permet de rencontrer différentes générations d'économistes et de statisticiens, impliqués de près ou de loin dans son développement et son héritage, par-delà des parcours hétérogènes. Nous distinguons par la suite plusieurs générations, qui constituent autant de repères pour le lecteur.

« De la statistique coloniale à la coopération technique » : des précurseurs ?

Inspecteur général de l'INSEE, compagnon de la Libération, Gérard Théodore joue un rôle clé dans la mise en place des premières enquêtes par sondage dans les colonies françaises, en Afrique notamment, dans l'immédiat après-guerre. Il participe ensuite aux activités de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture en Afrique, et dirige à partir de 1961 le service statistique du Ministère de l'Agriculture avant de retourner à l'INSEE dans les années 1970.

Administrateur puis inspecteur général de l'INSEE, **Albert Ficatier** est nommé en 1948 chef du Service de la Statistique Générale de l'Afrique Occidentale Française, à Dakar, puis en 1957 chef du Service statistique des territoires d'Outre-mer, regroupant alors l'ensemble des colonies françaises. En 1958, il prend la tête de la Direction de la coopération de l'INSEE. Publiant ses mémoires en 1981, sous le titre *Un certain regard sur une des fonctions de l'INSEE : de la statistique coloniale à la coopération technique*, il est en fin de carrière au moment où AMIRA prend son essor. Il y a notamment œuvré à la formation de cadres statisticiens nationaux après les indépendances des pays africains, par la création en 1962 du Centre européen de formation des statisticiens économistes des pays en voie de développement (CESD), rattaché à l'ENSAE. Il a ensuite élargi son périmètre à certains pays d'Amérique latine.

Première génération AMIRA : un âge d'or de la coopération ?

Polytechnicien (1957), Gérard Winter rejoint non sans difficulté l'ORSTOM, qui ne compte alors dans ses rangs aucun économiste statisticien. Après s'être formé à l'ENSAE, il est affecté dans l'Adamaoua (Cameroun) au « très ambitieux et très novateur programme d'enquêtes par sondage (démographie, agriculture, niveau de vie) » lancé par Gérard Théodore, alors Directeur adjoint du service central des statistiques du Ministère de la France d'Outre-mer, en 1955 dans tous les pays francophones d'Afrique Occidentale française et d'Afrique Équatoriale française. Il décrit dans ses mémoires, *À la recherche du développement : un fonctionnaire au service d'une passion*, une expérience initiatique :

« Cette première affectation devait marquer profondément tout mon itinéraire professionnel, lequel finirait par me conduire au poste de directeur général de l'ORSTOM. Elle me dérouta, au double sens du terme : j'y découvris une Afrique à peine sortie du XIXe siècle mais qui allait changer de façon fulgurante en quelques années et j'y laissai subrepticement certitudes, méthodes et instruments reçus en formation. L'Afrique ne s'y accordait pas. »

Il travaille ensuite toujours au Cameroun, au ministère de la planification, et œuvre en faveur d'une réforme de l'ORSTOM, visant notamment à ce que les chercheurs

des différentes disciplines travaillent ensemble. Il rejoint par la suite l'INSEE, entre 1975 et 1984, d'abord en tant que chef de la division Études et méthodes du Service de coopération, puis chef de ce service. Tout en travaillant à la préparation de DIAL (Développement des Investigations à Long Terme, puis Développement et insertion internationale), il devient entre 1989 et 1995 directeur général de l'ORSTOM, durant lequel son action « [est] sous-tendue par une réflexion stratégique permanente et par un engagement très personnel sur cette recherche pour le développement en coopération ».



Gérard Winter, économiste. Cameroun, 1963.
(fonds Winter)



Gérard Winter, directeur général et Michel Levallois, président du conseil d'administration, reçus en audience par Abdou Diouf, président de la République du Sénégal, afin de discuter de l'accord de coopération en matière de recherche scientifique et technique qui sera signé en février 1991.
Dakar, Sénégal, 29 mars 1990.
(cliché du quotidien « Le Soleil »)

Figures 2 et 3 – Gérard Winter, directeur général de l'ORSTOM entre 1989 et 1995. Ces photos illustrent l'importance des expériences de terrain et la continuité de la coopération statistique avec les pays d'Afrique nouvellement indépendants.

Anthropologue de l'économie, **Philippe Couty** rejoint l'ORSTOM en 1958 et séjourne au Cameroun, au Tchad et au Sénégal de 1959 au début des années 1970. Il y étudie par exemple le commerce du poisson ou la culture de l'arachide. Par la suite, il travaille à l'INSEE avec le groupe AMIRA, il défend fermement la nécessité d'un dialogue entre qualitatif et quantitatif et rejette non sans humour un excès de formalisation dont témoigneraient de nombreux modèles de la « nouvelle science économique ».

De la même génération que G. Winter et Ph. Couty, **Gaston Olive** est un ancien élève de l'École normale supérieure (1956-1960), administrateur de l'INSEE, qui a ensuite fait carrière au ministère de l'Économie et des Finances. Il dirige entre 1982 et 1985 l'Institut international d'administration publique, qui a remplacé en 1959 l'École nationale de la France d'outre-mer, où il croise G. Winter qui y dirige les relations extérieures. Par la suite, Gaston Olive a été impliqué dans la création du laboratoire DIAL (Développement, Institutions et Mondialisation) (Cogneau, 2010).

Socio-économiste spécialiste du développement rural, ancien élève des Hautes études commerciales (HEC), **Dominique Gentil** fait sa carrière à l'IRAM (Institut de recherches et d'applications des méthodes de développement), où il travaille sur les organisations paysannes et la microfinance. Né en 1941, il vit en Algérie puis au Niger dans les années 1960, puis effectue de nombreuses missions en Afrique, Amérique centrale et Asie, pour travailler sur le développement rural.

Deuxième génération : développement et coopération entre appareils statistiques nationaux

Économiste de formation, d'une génération plus jeune que Ph. Couty, G. Winter et G. Olive, **Jacques Charmes** entre à l'ORSTOM en 1971. Il est ensuite détaché à l'INSEE au sein d'AMIRA, entre 1974 et 1976. Par la suite, il occupe différentes fonctions dans la statistique publique, en Tunisie et en France, avant de devenir directeur de recherche (aujourd'hui émérite) à l'IRD. Spécialiste du secteur informel et des méthodes d'enquête, il a aussi collaboré avec un grand nombre d'instances internationales (OCDE, Nations Unies, Bureau international du travail) sur ces thématiques.

3. La place d'AMIRA dans les cercles des statisticiens et praticiens du développement : AMIRA dans *StatÉco*

3.1 La place du groupe dans *StatÉco*, des réflexions critiques présentées de manière pratique

Après avoir analysé le positionnement du groupe AMIRA au sein des institutions de coopération et de leurs traditions méthodologiques, il s'agit de comprendre la place des réflexions qu'il a engendrées et l'évolution de ses activités. Pour cela nous analysons plus en détail les publications du groupe au sein de la revue *StatÉco*.

Pour appréhender la place du groupe AMIRA au sein de *StatÉco*, nous avons d'abord quantifié sa présence. Tous les auteurs ne signant pas leurs publications en tant que membres d'AMIRA à proprement parler, nous avons fait le choix d'approcher sa présence dans la revue en fonction des citations de ses publications ou de son nom, la numérisation de la revue permettant une quantification systématique, et le suivi de son évolution dans le temps. Nous distinguons ici les citations d'« AMIRA » dans le corps du texte et les citations d'« AMIRA » dans les notes ou les bibliographies associées aux articles (Figure 4). Le pic de références à AMIRA se situe entre 1975 et 1988, ce qui correspond à la période d'activité du groupe, mais ses travaux continuent à être cités jusqu'à environ 1994 avant d'être relativement oubliés (hormis entre 2006 et 2008, ce qui s'explique par le fait qu'en 2006 un article revient sur l'histoire d'AMIRA), une disparition qu'il s'agira d'étudier.

La présence d'AMIRA dans *StatÉco* est donc relativement importante entre 1975 et 1988. La mention du groupe est présente dans près d'une publication sur deux, et souvent dans plusieurs articles du même numéro (un numéro comptant entre 4 et 10 articles). Comme le souligne Gérard Winter, lui-même rédacteur en chef de la revue à partir de 1975, *StatÉco* est un important support de diffusion pour AMIRA :

*« Nous dès qu'on est arrivé, on s'est dit, StatÉco c'est le support qu'il faut pour diffuser nos notes dans les services statistiques, et ailleurs d'ailleurs. Donc pour nous ça a été le support extérieur premier. En même temps c'était très commode, on alimentait StatÉco sans difficulté. Moi j'ai été responsable de StatÉco un certain nombre d'années. Chef de service. Et il n'y avait aucun problème pour nourrir StatÉco, une fois par mois. »*³⁴

34. Entretien.

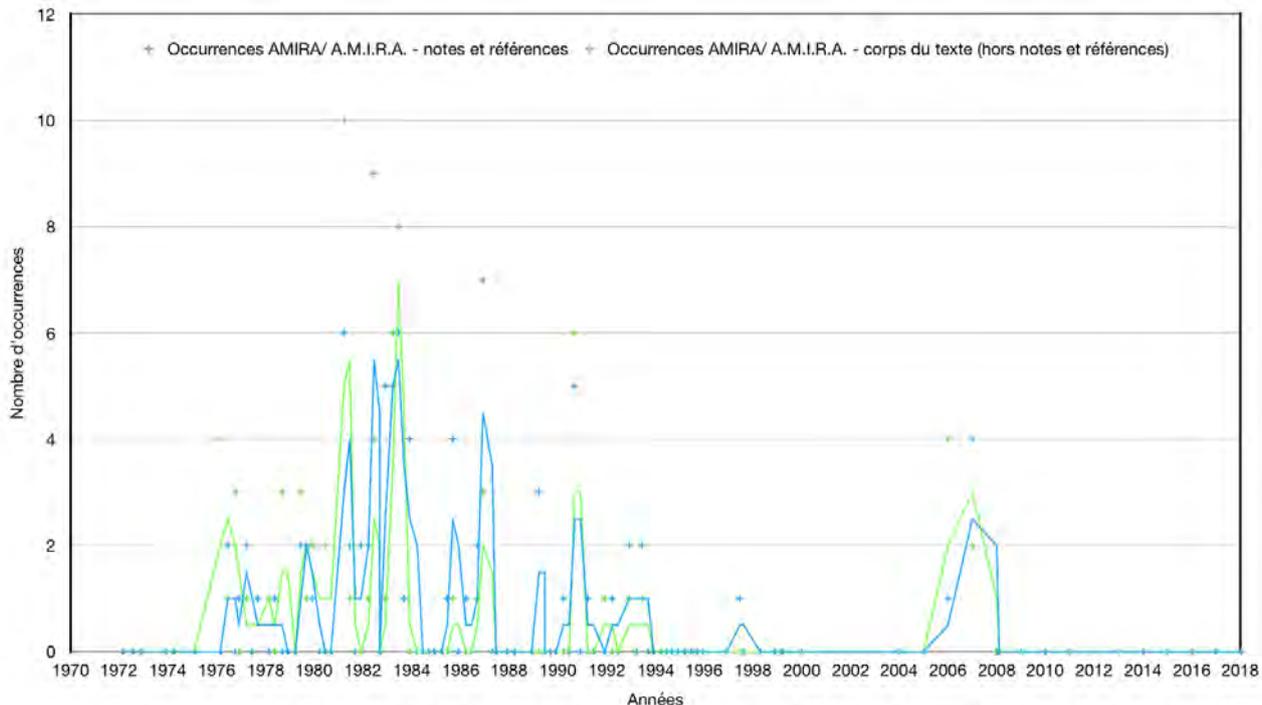


Figure 4 – Citations d'AMIRA dans StatÉco. La courbe représente la moyenne glissante (période de deux années). Nous avons exclu les numéros d'index répertoriant l'ensemble des articles publiés dans StatÉco (numéros 77 et 94).

StatÉco a donc été le vecteur principal de diffusion des travaux d'AMIRA sous un angle pratique, à l'opposé de certaines publications plus théoriques³⁵ restées sous forme de notes uniquement. Comme le souligne un éditorial de StatÉco, « confronté à la problématique des travaux du groupe AMIRA, le statisticien en sort souvent inquiet, et se demande comment il est possible d'intégrer cette problématique à ses travaux d'enquête et à ses analyses économiques au niveau national »³⁶. C'est à ces attentes pratiques que veut répondre AMIRA dans StatÉco : « Plusieurs démarches ont déjà été proposées et publiées dans StatÉco ».

AMIRA est donc bien présent dans StatÉco en tant que groupe de praticiens s'adressant à des praticiens, ce qui permet de comprendre les problématiques que le groupe met en avant et leur traitement, en analysant plus concrètement les thèmes récurrents soulevés, pour ensuite se poser la question de la place et de la réception de ces travaux dans le cercle des praticiens.

3.2 Les thèmes d'AMIRA : critiques et pistes de résolution exposées dans StatÉco

3.2.1 Préalable à toute enquête : le rapport au terrain

Au-delà des expériences personnelles des différents membres gravitant autour d'AMIRA, l'ensemble des réflexions d'AMIRA est traversé par la question du rapport au terrain. Cela se rapporte d'abord aux conditions de possibilité de l'enquête. Le numéro 14 de StatÉco revient ainsi sur l'intervention de deux membres du groupe AMIRA, Surgers et Verneuil, lors d'un colloque à Munich en 1977³⁷. Parmi les grandes questions directement liées au terrain d'enquête, ils soulignent l'importance du « repérage des unités sur le terrain » et la nécessité de

35. À l'image de Dubois J.-L., *op. cit.*

36. Franchet Y. (1979), « Éditorial », StatÉco, n° 21.

37. StatÉco, n° 14, 1978

réfléchir à la passation du questionnaire, notamment par rapport aux problèmes que soulève la diversité linguistique présente sur les terrains étudiés. Ils préconisent ainsi de transcrire les réponses dans la langue locale, afin que la traduction et les problèmes qu'elle induit soient traités au moment du dépouillement. Cela permet de réduire les erreurs de traduction, puisque les mêmes mots ne correspondent pas forcément à la même réalité selon les langues et les contextes³⁸. Ils préconisent par ailleurs la formation des enquêteurs, afin que les questions posées soient précises, et que l'enquêteur et l'enquêté en aient la même compréhension.

AMIRA soumet le processus de production statistique en lui-même à un retour réflexif. Dans *StatÉco*, nombre d'articles exposent les méthodes concrètes d'enquête à travers des cas ou des innovations techniques et technologiques. Mais AMIRA a lié cet intérêt pour le terrain à une réflexivité post-enquête. L'enquête vise non seulement à produire des résultats, mais constitue un ensemble d'étapes, mené par le même chercheur : élaboration, production, exploitation des données, réflexion méthodologique. Gérard Winter souligne que cette nécessité de bilan post-enquête a été présente tout au long de sa carrière, dès sa première enquête dans l'Adamaoua :

« *Donc j'ai fait cette enquête et j'ai donné jusqu'au bout, j'ai tenu à mener jusqu'au bout l'exploitation, mener jusqu'au bout à l'ORSTOM la rédaction d'un mémoire méthodologique, dire comment j'avais fait, pourquoi. C'était, je crois, très rare pour les statisticiens : ils faisaient une enquête, ce n'était même pas sûr qu'ils l'exploitent, même pas sûr que ce soit eux qui rédigent, mais là on a été jusqu'au bout.* »³⁹

Ces préconisations montrent l'intérêt accru porté aux sciences sociales. L'enquête est abordée comme un « terrain » au sens de l'anthropologue ou du sociologue, avant d'être un « terrain de jeu statistique » (Jatteau, 2013) voué à construire une base de données, comme Arthur Jatteau analyse la conception du terrain par les économistes réalisant des expérimentations aléatoires. Le terrain est pour AMIRA un terrain social, à apprivoiser et à analyser ethnographiquement.

3.2.2 Des statistiques reflétant le monde social : l'enjeu de la définition des unités d'observation

Cet intérêt porté au terrain et à l'analyse sociale de celui-ci s'illustre dans l'un des chevaux de bataille d'AMIRA, les unités d'observation statistiques.

En effet, la définition de l'unité statistique de l'enquête est primordiale. Les statisticiens d'AMIRA se rendent rapidement compte, sur le terrain, des difficultés que pose la transposition et l'inadéquation de catégories élaborées dans un contexte à un autre. L'enjeu pour AMIRA est alors de chercher à définir des unités d'observation pertinentes pour saisir le monde social et ses tensions, tout en conservant une uniformité permettant la comparaison à l'échelle nationale ou entre pays africains, lorsque les structures familiales sont souvent très diversifiées entre régions et au sein même d'une même région.

Ces réflexions s'inscrivent enfin dans un contexte plus large de réflexion sur l'adéquation des enquêtes auprès des ménages. Des traces s'en retrouvent dès la période coloniale, notamment dans le contexte anglo-saxon : dans le contexte nigérian des années 1950, des statisticiens prennent ainsi en compte dans le calcul du revenu national la production et les échanges internes au ménage, remettant en cause sa clôture et son extériorité à la sphère de la production (Jerven, 2013). Des expérimentations dans différents pays africains prolongent ces réflexions sur le périmètre du produit intérieur brut jusqu'à nos jours.

38. À titre d'illustration, ils écrivent que « dans certaines régions d'Afrique, par exemple les mots "tomate cerise" et "tomate farcie" sont utilisés pour désigner respectivement la petite et la grosse tomate, alors qu'en France, l'expression "tomate farcie" désigne une préparation culinaire et non un fruit frais. », *ibid.*, p. 67.

39. Entretien.

La même dynamique se retrouve dans le contexte francophone dès les années 1960 dans la lignée des travaux de Pierre Bourdieu et d'une équipe de statisticiens en Algérie, déjà présentés plus haut, puis dans des réflexions méthodologiques d'Anita Bensaïd au sein de l'INSEE (Samuel, 2016, pp. 915-916). Dans un article de 1970 au sujet des enquêtes budget-consommation en Afrique francophone (Bensaïd *et al.*, 1970), elle aborde avec ses co-auteurs la nécessité de remettre en cause le concept de « ménage ». Ils soulignent notamment la difficulté de cerner le ménage tel que conçu par la statistique européenne, du fait de la fréquente séparation géographique de familles et des conjoints (culturellement – comme en Côte d'Ivoire ou Haute-Volta par exemple – ou par nécessité économique – migrants voltaïques en Côte d'Ivoire ou travailleurs de chantiers forestiers au Gabon), qui ne remet pourtant pas en cause la solidarité économique que cherche à saisir l'enquête, de la présence d'individus extra-familiaux au sein des ménages (comme domestiques, apprentis ou pensionnaires) et de la différence entre autorité traditionnelle et autorité économique au sein des ménages (si certains individus du ménage sont salariés), pourtant souvent assimilées. Ils proposent ainsi la mise en place d'une « méthodologie type », qui pourrait notamment mettre à profit l'analyse en composantes principales et l'analyse factorielle des correspondances pour « mettre en évidence les phénomènes les plus significatifs observables au niveau des comportements économiques » (Bensaïd *et al.*, 1970) et ne pas reposer sur les catégories *a priori* fixes appréhendant difficilement les solidarités économiques des individus.

Bien qu'il ne semble pas que cette proposition ait été mise en œuvre, AMIRA s'inscrit dans la continuité de cette réflexion en cherchant à appréhender le milieu de façon contextuelle et relationnelle. L'attention d'AMIRA se porte d'abord sur la définition de catégories statistiques qui aient un sens dans un terrain considéré avant tout comme social, en relevant les catégories autochtones, ou catégories *emics*. Dans ses mémoires, Philippe Couty écrit ainsi que ses recherches des années 1960 l'ont « persuadé que, même observé de près, le fonctionnement du commerce dit "traditionnel" au Tchad, au Cameroun, au Nigéria, ne contredisait pas certaines relations simples formulées en termes d'offre et de demande par les manuels, à condition que les interprétations ainsi construites s'appuient sur des dénombrements spatialisés tenant compte des catégories élaborées par les autochtones. »⁴⁰

Dans la continuité des travaux cités précédemment, reprenant l'idée de la nécessaire définition de catégories adéquates pour les enquêtes sur le budget des familles, Gérard Ancey publie ainsi un article fondateur pour les travaux d'AMIRA, dans le numéro 8 de *StatÉco* (1976), « Niveaux de décision et fonction objectif en milieu rural africain ». Il tente de restituer de façon systématisée les différents niveaux de décision (niveaux de l'individu, de la résidence, du groupe villageois par exemple), pour appréhender la gestion des budgets des ménages dans une unité pertinente. Il distingue ainsi, au sein du niveau de l'individu, l'individu-cadet, l'individu-aîné et l'individu-femme, soulignant par là que la prise en compte du seul chef de ménage de l'unité budgétaire est une erreur, qui empêche de prendre en compte les comportements spécifiques à l'intérieur du ménage. Il distingue ensuite les fonctions « objectif », ou fonctions économiques, pour chaque niveau (par exemple, création de revenus, consommation, gestion des terres, etc.). À partir de ces deux dimensions, il crée une matrice croisant niveaux de décision et fonctions « objectif » (Figure 5), reflétant la multiplicité de ces niveaux et leurs imbrications. Le choix du ménage comme unité d'observation constitue donc une solution de second rang⁴¹, puisqu'il faut articuler son utilisation à une attention particulière aux niveaux de décision en son sein.

Selon Ancey, « cette approche oblige [le modélisateur] à envisager le milieu rural comme un tout, astreint à ses propres règles de cohérence et donc à réfléchir sur les limites de programmes non

40. Couty Ph. (1996), *op. cit.*

41. Charmes J. (2006), *op. cit.*

seulement sectoriels mais aussi de programmes dits intégrés – qui en pratique n'intègrent que des activités agro-pastorales ». Il envisage ce cadre novateur à la fois comme « un cadre de collecte », un « outil de connaissance » et un « instrument de programmation », soulignant le lien entre recherche, réflexivité méthodologique et action, au cœur du développementalisme qui se développe alors.

Niveaux de décision et objectifs endogènes

Objectif \ Niveau	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Cadet		x	x	x					x			x		
Femmes	x	x	x	x			x		x			x		
Aîné	x					x			x	x	x		x	x
Groupe de production		x										x		
Gr.Consommation	x			x		x	x	x				x	x	
Gr.Exploitation	x				::	x	x	x				x		x
Gr.Résidence	x				::	x					x	x		x
Gr.Lignage										x	x			x
Gr.Village											x			x

Signification des objectifs

1. Production d'autosubsistance (agro-pastorale)
2. Production commercialisée
3. Revenus monétaires extra-agricoles
4. Revenus monétaires nets
5. Valeur totale de production
6. Sécurité (inter-annuelle)
7. Régularité des revenus (intra-annuelle)
8. Diversification des activités
9. Loisirs
10. Prestige - autorité
11. Cohésion
12. Autonomie
13. Satisfaction de certaines consommations ressenties comme socialement impératives
14. Prérogatives foncières

Figure 5 – Niveaux de décision et objectifs endogènes (Source : Ancy G. (1976), « Niveaux de décision et fonction objectif en milieu rural africain », StatÉco, n° 8)

3.2.3 Quantifier le secteur informel : l'approche par focalisations successives

Cette préoccupation pour le terrain et la nécessité de réfléchir aux unités statistiques utilisées se conjuguent dans une des réflexions d'AMIRA les plus fécondes : les enquêtes sur le secteur informel. Cette thématique s'inscrit dans un ensemble plus large de réflexions, influencée notamment par les travaux de P. Bourdieu sur le secteur informel en Algérie à la fin des années 1950 et au début des années 1960, mais de façon encore plus importante par le contexte international des années 1970 et la production des institutions internationales à ce sujet. C'est en effet au Bureau International du Travail qu'on attribue la création de l'expression « secteur informel », dans le « rapport Kenya » de 1972 (Lautier, 2004), expression qui connaît en quelques années un essor considérable.

Spécialiste de la question au sein d'AMIRA, Jacques Charmes définit ce « secteur informel » ou « secteur non-structuré » comme « l'ensemble des activités de production, de service ou de distribution prises en charge par des unités de petite taille (moins de 10 employés) sur un marché où

régne une forte concurrence, et où les règles du jeu fixées par la puissance publique (dans les domaines du travail et de la fiscalité notamment) sont sinon inconnues, du moins résolument transgressées. »⁴²

A partir des années 1970, du fait de son importance dans la production et l'emploi, le secteur informel est propulsé au cœur des préoccupations des politiques de développement. En effet, dans un contexte d'exode rural accru, les décideurs politiques font face à une multiplication des microentreprises et des travailleurs autonomes. Cela se traduit pour les statisticiens par un taux de chômage très bas enregistré au travers des enquêtes « ménage », ne correspondant pas à l'emploi déclaré qui demeure faible, une discordance qui étonne. Face à l'urgence perçue de pallier les échecs des politiques d'industrialisation jusqu'alors mises en place, l'idée de « formalisation de l'informel » domine les politiques du développement, et ce jusqu'au milieu des années 1980 : la Banque mondiale en fait l'une des priorités de sa politique, et le BIT (Bureau international du travail) soutient des recherches portant sur le sujet. De nombreuses politiques d'aide au crédit sont mises en place, dans le but d'aider ces microentreprises – perçues comme la nouvelle clé de l'industrialisation – à grandir et à se moderniser. Leurs résultats seront cependant mitigés (Lautier, 2004).

L'appréhension du secteur informel et sa mesure deviennent donc centrales pour la compréhension de la production nationale et de sa potentielle expansion. Or, comme le souligne Jacques Charmes, « *la théorie économique classique est mal armée pour appréhender ce domaine et, a fortiori, les statistiques ne disposent pas des concepts et méthodes adéquats* » :

*« Certaines questions, telles que la production ou la valeur ajoutée, ne peuvent être appréhendées de la même manière selon les secteurs et selon la taille des unités de production : si le chiffre d'affaires annuel a un sens pour la petite entreprise de menuiserie, il n'en a plus pour le marchand ambulant ; si la valeur des ventes hebdomadaires a un sens pour le marchand ambulant, elle n'en a plus pour l'artisan-menuisier... »*⁴³.

Alors que de nombreux pays tentent d'incorporer des estimations assez débattues de la production du secteur informel dans le calcul du revenu national depuis les années 1960 (en Afrique francophone – Boncase, 2015 – comme anglophone – Jerven, 2013), de grands programmes de recherche se mettent alors en place au milieu des années 1970 pour tenter de le mesurer. Le BIT lance ainsi de nombreuses études à travers son antenne latino-américaine, le PREALC⁴⁴ ; l'ORSTOM de son côté lance de nombreuses enquêtes à Tunis (Tunisie), Abidjan (Côte d'Ivoire), Dakar (Sénégal), Bamako (Mali), Ouagadougou (Burkina Faso), Niamey (Niger), et sert de conseil aux gouvernements (particulièrement en Côte-d'Ivoire) (Lautier, 2004). C'est dans ce cadre que se développent les réflexions d'AMIRA sur le sujet, portées par Jacques Charmes, impliquées dans la plupart de ces enquêtes.

L'enjeu est ainsi d'ajuster les méthodes d'enquête à un secteur très hétérogène, constitué d'activités artisanales et de petits commerces, aux logiques de production et de fonctionnement très diverses, et d'activités de supplément de revenu, pour lequel un questionnaire standardisé ne saurait offrir une image exploitable de sa situation. Le choix d'un critère pour définir et enquêter ce « secteur informel » devient une source importante de débats entre statisticiens, allant de critère de taille des unités de production (variant de moins de deux à moins de dix individus) à des critères d'informalité au regard de la loi (la non-inscription dans les registres administratifs, ou l'absence de comptabilité formalisée), mais ces critères ont du mal à donner sens à une réalité si hétérogène (Lautier, 2004).

42. Charmes J. (1979), « Une recherche en cours : l'enquête sur le secteur non structuré en Tunisie », *StatÉco*, n° 21.

43. Charmes J. (1982), « Le secteur non structuré dans les comptes nationaux : l'expérience de la Tunisie », *StatÉco*, n° 31.

44. Programa Regional de Empleo para America Latina (Programme régional d'Emploi pour l'Amérique latine)

Dans ce contexte, au sein d'AMIRA, Jacques Charmes met en place un protocole d'enquête innovant qui sera plus tard repris par les institutions internationales : l'enquête par focalisations successives. Mis en place notamment lors d'une enquête sur le secteur informel en Tunisie en 1978, ce protocole s'articule en trois temps. Tout d'abord « *un recensement exhaustif des établissements pour tous les secteurs de l'activité économique* » permet de recueillir une base de sondage exhaustive mais peu d'informations détaillées (Figure 6). Ce recensement sert ensuite de base à l'élaboration de « *monographies socio-économiques pour les plus importants des secteurs de l'activité économique "non structurée"* », élaborée principalement à partir d'entretiens, qui cherchent à saisir les logiques de fonctionnement des différents domaines du secteur informel. Des « sondages sectoriels » sont enfin effectués à partir des différents secteurs ayant émergé des monographies, avec un questionnaire (Figure 7) adapté à ses logiques propres pour mieux quantifier sa part dans l'emploi et dans la valeur ajoutée.

L'originalité de cette approche est de chercher à cerner ce secteur en laissant une grande place aux acteurs et à leur manière d'appréhender leur activité économique : « *Car qui est le mieux à même de nous faire accéder à cette connaissance et à cette compréhension [des fonctionnements et des difficultés de chaque profession], si ce n'est les intéressés en personne ?* »⁴⁵ Il s'agit ainsi d'allier deux traditions : une approche compréhensive du monde social et une conception développementaliste et interventionniste ayant la nécessité de mesurer pour mieux comprendre et gouverner l'activité économique.

Cette approche par focalisations successives constitue sûrement l'innovation d'AMIRA qui a eu le plus d'écho : Jacques Charmes a été reconnu, à la suite de ces travaux, comme expert international sur le sujet du secteur informel, ce qui l'a amené à travailler sur le sujet avec le BIT, puis à l'OCDE et à la division des Nations Unies pour les statistiques (UNSTAT), contribuant notamment à la définition internationale du secteur informel mise en place par le BIT à partir des années 1990. DIAL (Développement des Investigations à Long Terme, laboratoire créé dans la lignée d'AMIRA après sa dissolution) a repris cette idée de focalisations successives pour mettre en place les enquêtes 1-2-3, sous la direction de François Roubaud, dès 1993 à Yaoundé (Cameroun) et ensuite étendues à de nombreux autres pays d'Afrique francophone (Sénégal, Bénin, Burkina Faso, Madagascar, Maroc...) et certains pays d'Amérique latine (Pérou, Guatemala) et d'Asie (Bangladesh, Philippines).

45. Charmes J. (1979), *op. cit.*

Institut National de la Statistique **Zoom arrière**

D.T.T.E.E.F.F.

ENQUÊTE SUR LE SECTEUR NON STRUCTURE

RECENSEMENT DES ÉTABLISSEMENTS

Formulaire F₁

(Remplir un questionnaire par établissement) (1)



I - LOCALISATION DE L'ÉTABLISSEMENT :

N° Questionnaire

Département : Commune ou Arrond^t

Quartier : Circonsⁿ Section Ilôt Constⁿ

II - IDENTIFICATION DE L'ÉTABLISSEMENT :

1 - Nom ou raison sociale : Nationalité

2 - Adresse : N° Tél.

Donner N 301

CACHET

ENTÊTE DE FACTURE

3 - Nature de l'établissement :

- . Une maison-mère
- . Une succursale
- . Un établ^t autonome (entreprise à établ^t unique)

Si Succursale

Maison-mère

Nom ou raison sociale
Adresse

4 - TYPE :

- . Personne physique
- . S.A, S.A.R.L
- . Autre (à préciser)
- . Etab^t public, mixte
- . Coopérative

5 - USAGE :

- . Un atelier
- . Une usine
- . Autre à préciser
- . Un local de vente
- . Un local de service
- . Un bureau
- . Un dépôt

(1) S'il y a dans le local plusieurs personnes travaillant à leur propre compte, remplir autant de questionnaires qu'il y a de personnes.

Figure 6 – Première page du questionnaire du recensement des établissements, première étape de cette enquête en trois temps

INSTITUT NATIONAL
DE LA STATISTIQUE

REPUBLIQUE TUNISIENNE

ENQUÊTE SUR LE SECTEUR NON STRUCTURÉ

Secteur : Menuiserie-Ebenisterie

I - LOCALISATION DE L'ENTREPRISE :

N° d'ordre _____

Gouvernorat :	Commune ou Arrond ^t :
Quartier :	Circ. _____ Section : _____ Ilôt : _____

II - IDENTIFICATION DE L'ENTREPRISE :

1. Nom ou Raison Sociale :	2. Adresse :
.....

III - SPECIFICATION DE L'ACTIVITE DE L'ENTREPRISE :

3.1. Activité Principale :

Menuiserie	<input type="checkbox"/> Menuisier de bâtiment (portes et fenêtres)
Menuiserie-Ebenisterie	<input type="checkbox"/> Menuisier - ébéniste (1)
Ebenisterie	<input type="checkbox"/> Ebéniste Ordinaire <input type="checkbox"/> Ebéniste de style (Louis XV, etc...) <input type="checkbox"/> Ebéniste de style arabe (bancs, salons arabesques...) <input type="checkbox"/> Fabricant de meubles en formica (cuisine, tables...)
Activités spécialisées, diversifiées ou / et complémentaires	<input type="checkbox"/> Fabricant d'articles utilitaires ou décoratifs
	<input type="checkbox"/> Fabricant de gros matériel
	<input type="checkbox"/> Carcassiste. Carcassiste sculpteur (2) <input type="checkbox"/> Vernisseur - peintre <input type="checkbox"/> Tapisserieur d'ameublement <input type="checkbox"/> Tourneur sur bois <input type="checkbox"/> Loueur de machines

3.2. Activités complémentaires ou intégrées :

Effectuez-vous, vous même, dans votre entreprise, les opérations suivantes :

Opérations	Débitage	Tour sur bois	Vernissage peinture	Tapisserie	Carcasse	Exposition vente
Pour votre propre compte						
Pour le compte d'autrui						

(1) Pour être classé dans cette catégorie, l'artisan doit avoir consacré au moins le tiers de son temps à la moins importante de ces 2 activités au cours de l'année écoulée.
 (2) Rayer la mention inutile.

Figure 7 - Première page du sondage sectoriel pour le secteur menuiserie ébenisterie

3.2.4 Allier quantitatif et qualitatif : ou comment généraliser ? Une ambition de dialogue, un point de vue réaliste

L'exemple des enquêtes sur le secteur informel montre donc l'ambition d'AMIRA : allier qualitatif et quantitatif, pour offrir une image représentative et intelligible d'un monde avant tout social.

Philippe Couty le théorise dans un article emblématique d'AMIRA, « Le Qualitatif et le Quantitatif »⁴⁶, où il cherche à saisir les « champs d'intelligibilité » du qualitatif et du quantitatif. Tout en critiquant cette distinction, il oppose le quantitatif et le qualitatif sur deux points : leur registre, le qualitatif mettant en avant « le singulier », le quantitatif, le « régulier », et leur système d'induction, « immédiate » pour l'un, « amplifiante » pour l'autre, par le moyen de l'inférence statistique. Ainsi, à chacun ses travers (Figure 8), le qualitatif apparaissant plus « fin », moins coûteux, (éventuellement) plus rapide, mais aussi moins robuste et ayant tendance à mettre en avant le local et le particulier, sans permettre la généralisation. À l'opposé, le quantitatif se présente comme beaucoup plus robuste, permettant d'accéder à une représentativité et une généralisation plus fortes, mais aussi lourd, long, coûteux et manquant de souplesse et ayant tendance à « autonomiser son champ d'intelligibilité », c'est-à-dire ne prenant pas en compte le contexte et les apports des autres disciplines et méthodes d'investigation.

	Constellation qualitative	Constellation quantitative
Connotations :	Positives <ul style="list-style-type: none"> - Contact direct avec le sensible, perception nuancée, capacité de découverte. - Aptitude à sentir l'imprévu, l'immatériel. - Facilités de réorientation des investigations. - Rapidité (éventuelle, en fait fondée sur une longue expérience antérieure). - Confusion fréquente des tâches de conception, exécution et traitement : maîtrise égale de l'ensemble du processus d'investigation. - Esprit de finesse ? 	<ul style="list-style-type: none"> - Accent mis sur les dénombrements "objectifs", les sondages aléatoires rigoureux, les procédures contrôlables, les traitements impersonnels ; les généralisations vérifiables. - Facilité des rapports avec les organismes de financement à l'administration de la recherche. - Bonne image de marque auprès du public (et des contribuables ?) : scientificité, technicité, ésotérisme rassurant. - Canevas précis, échéances datées. - Esprit de géométrie ?
	Ambivalentes <ul style="list-style-type: none"> - Petits échantillons raisonnés, questionnaires ouverts. - Observation-participation, recours à un éventail large de techniques, possibilité de transformer les termes de référence initiaux. - Elaboration artisanale, de type souvent littéraire. - Délais prolongés (présence sur le terrain, exploitation des matériaux). 	<ul style="list-style-type: none"> - Echantillons importants (représentativité statistique). - Temps sur le terrain court, mais longue préparation et très longue exploitation. - Elaboration de type industriel. - Mimétisme par rapport aux sciences physiques.
	Négatives <ul style="list-style-type: none"> - Manque de précision, approche subjective et individualisée, non-répétitivité, voire non scientificité ? Difficulté de généralisation. - Faible coût (?), mais difficulté à entrer dans les cadres prévus par l'administration de la recherche, les organismes de financement, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> - Tendance à l'autonomisation des champs d'intelligibilité + des procédures de traitement. - Manque de souplesse, difficultés de réorientation rapide. - Lourdeur, coûts élevés. - Séparation des tâches de conception/exécution, traitement.

Figure 8 – Isoler les « champs d'intelligibilité » propres du qualitatif et du quantitatif (Source : Couty Ph. (1983), « Le qualitatif et le quantitatif », *StatÉco*, n° 34)

Cependant, de ce fait même, la frontière entre ces deux méthodes complémentaires est fine. Comme le conclut Philippe Couty, « la mise en place de véritables systèmes d'investigation exige une combinaison des deux registres – singulier et régulier – et des deux processus d'induction – immédiate et amplifiante ».

46. Couty Ph. (1983), « Le Qualitatif et le Quantitatif », *StatÉco*, n°34.

L'ambition d'une telle combinaison est donc double. Il s'agit d'abord d'enrichir le quantitatif de l'analyse qualitative en fondant les catégories de l'enquête et le contenu du questionnaire sur des bases qualitatives. L'objectif est de définir un « régulier » fondé sur les réalités des acteurs et les tensions sociales. Mais il s'agit aussi, par l'extension des méthodes d'investigation statistiques, de pouvoir généraliser et éprouver la représentativité des observations qualitatives.

AMIRA défend ainsi dans ses publications et dans son fonctionnement même un dialogue entre deux méthodes d'investigation très clivées d'un point de vue disciplinaire dans les années 1970 et 1980, bien que certaines de ses publications soulignent également les difficultés, les limites et les défis d'une telle collaboration, notamment dans l'association de champs disciplinaires différenciés.

Ainsi, il est souvent souligné au sein de *StatÉco* que les collaborations méthodologiques sont plus aisées que les échanges conceptuels, et une véritable remise en cause des cadres conceptuels ne paraît pas réaliste. Jacques Charmes met lui-même en avant cette limite dans le procédé d'enquêtes sur le secteur informel :

*« Le pont jeté est essentiellement d'ordre méthodologique, beaucoup plus que d'ordre conceptuel : les cadres de la comptabilité nationale et de la Planification ont pu être conservés, au moins dans une première étape. Il n'est pas impossible cependant qu'au terme de la démarche entreprise les définitions et concepts classiques soient remis en question [...] »*⁴⁷

Plus généralement, l'apport concret de cette réflexion sur l'imbrication du qualitatif et du quantitatif en amont de la production statistique, s'est surtout traduit par l'élaboration de typologies fondées sur des analyses qualitatives.

3.3 AMIRA : un statactivisme ?

Face à ces revendications et ces apports à la conception et à la mise en place des enquêtes statistiques dans le cadre du développement, peut-on considérer l'activité d'AMIRA comme une forme de « statactivisme », et comment cela éclaire-t-il la place du groupe au sein des milieux statistiques ? I. Bruno, E. Didier et J. Prévieux donnent une double définition de ce terme (Bruno, Didier et Prévieux, 2014). Dans son acception élargie, ce dernier réunit « toutes les pratiques statistiques qui sont utilisées pour critiquer et s'émanciper d'une autorité, quelle que soit cette dernière ». Dans son sens restreint, il renvoie à « certaines de ces pratiques », « plus spécifiquement adaptées au type de pouvoir exercé dans le cadre de la gouvernamentalité néolibérale ».

Le groupe AMIRA n'apparaît tout d'abord pas particulièrement comme un statactivisme au sein de la statistique du développement francophone. Les idées du groupe sont soutenues par les trois institutions sur lesquelles il repose, avec notamment un soutien important du directeur général de l'INSEE, Edmond Malinvaud, et apparaissent avoir constitué un certain consensus au sein de la statistique française du développement, et des praticiens en Afrique francophone. Gérard Winter relate ainsi qu'Edmond Malinvaud, directeur général de l'INSEE entre 1974 et 1987, « très intéressé » par ce que faisait AMIRA, en avait évoqué les travaux à un Congrès international des statistiques.

Les publications au sein de *StatÉco* semblent refléter ce consensus relatif. Ainsi, pour introduire un modèle microéconomique dans *StatÉco*, l'éditeur de la revue, Michel Blanc, prend des précautions : « *Il [cet article] peut paraître un peu inhabituel dans notre revue* »⁴⁸. Cet article est suivi des remarques et critiques de Philippe Couty, mettant en avant la « confrontation

47. Charmes J. (1979), *op. cit.*

48. Blanc M. (1984), « Éditorial », *StatÉco*, n° 37.

des hypothèses avec les faits »⁴⁹, en remettant le modèle dans un contexte géographique et historique (en l'occurrence celui du Sénégal dans les années 1960), et en mettant en avant les limites de cette approche. La publication lui donne le dernier mot. De même, le ton caustique d'un article publié en 1978, « Défense et illustrations d'un moyen d'investigation en milieu rural peu connu des anthropologues : la M.A.P », dans lequel Gérard Ancey décrit la marche à pied comme un « instrument épistémologique décisif pour la connaissance du milieu rural traditionnel africain et malgache », ne pouvait s'adresser qu'à un public averti et en partie convaincu par les idées d'AMIRA⁵⁰.

AMIRA n'est pas pour autant à l'abri d'oppositions. Au sein de l'INSEE notamment, fief des « statisticiens classiques »⁵¹, Gérard Winter souligne qu'« [il] y avait quelques statisticiens d'origine, de la création de l'INSEE, deux ou trois administrateurs qui ne comprenaient rien à ce qu'on faisait, qui disaient qu'est-ce qu'ils font ces gars-là (rires) [...] ». Ces oppositions émanent toutefois d'acteurs ne faisant pas partie du monde du développement et considérant ces travaux comme marginaux. La position périphérique d'AMIRA, se concentrant sur la statistique dans les pays en voie de développement, lui permet ainsi de construire une approche consensuelle dans un sous-champ à la périphérie du champ académique des théories économiques.

Cependant, au niveau international, le groupe apparaît davantage comme un statactivisme. AMIRA, du moins certaines de ses voix, s'oppose de façon assez claire aux politiques menées par les institutions issues de Bretton Woods (Banque mondiale et Fonds monétaire international), notamment les plans d'ajustement structurel et les politiques de développement issus du « consensus de Washington » (Cousy, 2006), que l'on peut rattacher à l'ère néolibérale. En 1982, Gaston Olive et Gérard Winter publient ainsi des « Libres propos sur les interventions du FMI dans les pays en voie de développement »⁵². Selon eux, l'approche court-termiste du FMI s'articule autour d'un enjeu principal, la réallocation des ressources vers les secteurs les plus productifs, sans analyser précisément les secteurs à la croissance potentielle la plus importante ni déterminer les centres de décision.

49. Couty Ph. (1984) « Secteur organisé et secteur informel chez les économistes du développement. Observation sur l'article de J.C. Barthélemy et F. Gagey », *StatÉco*, n° 37.

50. Ancey G. (1978), « Défense et illustrations d'un moyen d'investigation en milieu rural, peu connu des anthropologues : la M.A.P. », *StatÉco*, n° 17, pp. 114-122.

51. Entretien.

52. Olive G. et G. Winter (1982), « Libres propos sur les interventions du FMI dans les pays en voie de développement », *StatÉco*, n° 29

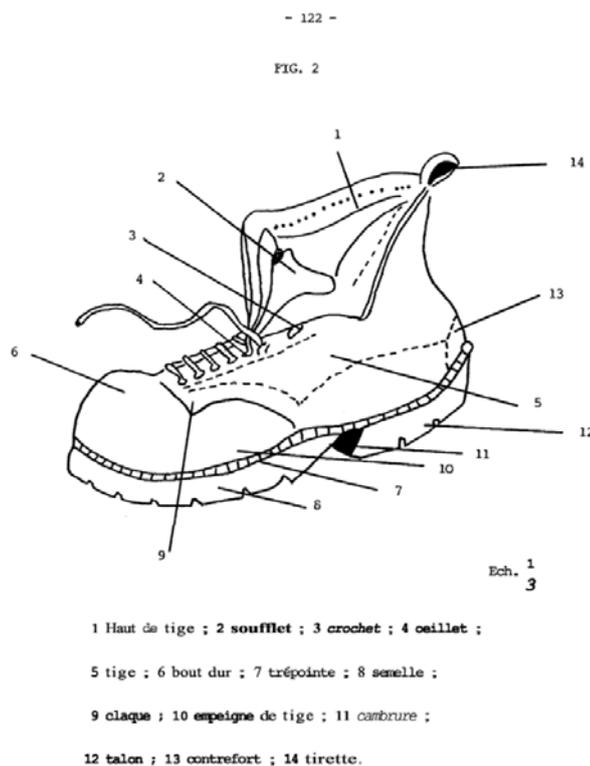


ILLUSTRATION D'UNE CHAUSSURE
 ADAPTÉE A LA MARCHÉ DANS LE
 SECTEUR DE BINGERVILLE

(recommandée par AMIRA)

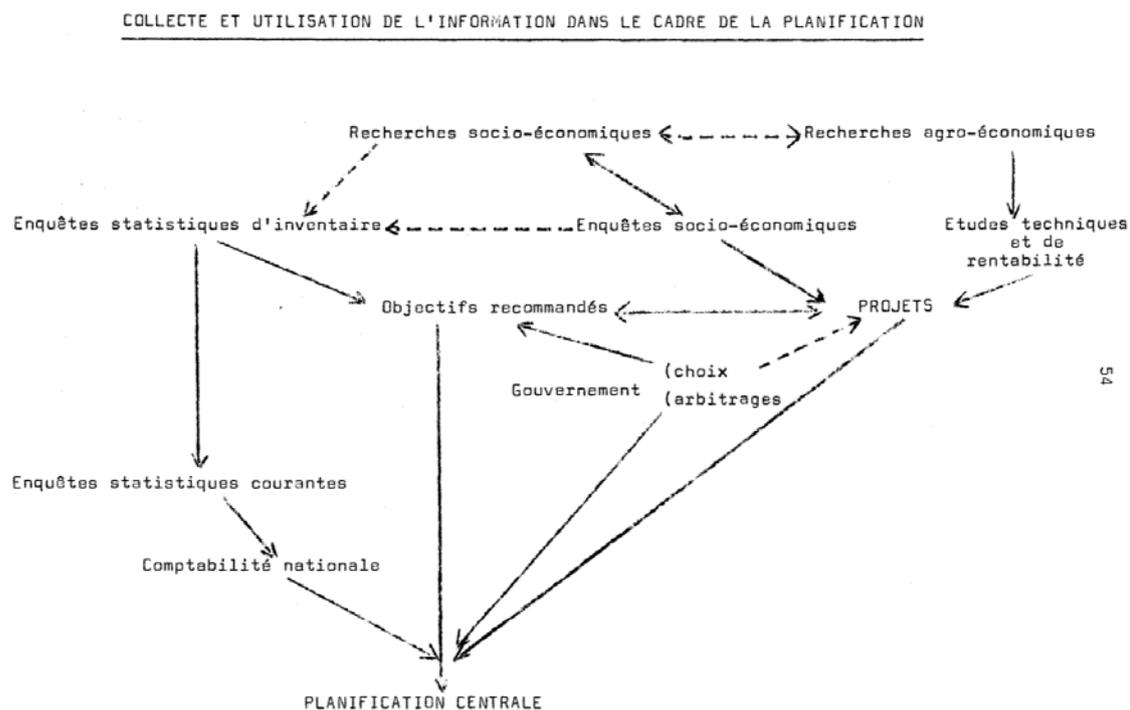
Figure 9 – *La M.A.P.* (Source : Ancey G. (1978) « Défense et illustrations d'un moyen d'investigation en milieu rural, peu connu des anthropologues : la M.A.P. », *StatÉco*, n°17, p. 122. L'article est assez énigmatique, mais le ton est définitivement ironique comme l'illustre ce schéma de « chaussure adaptée à la marche ».)

Ils livrent enfin des propositions techniques, portant notamment sur la formation des techniciens nationaux, qui doivent être capables d'objecter aux spécialistes du Fonds. Plus largement, ils soutiennent le développement et le renforcement des organismes nationaux de prévision et de comptabilité (nationale surtout), le tout dans une optique d'« africanisation » des statistiques africaines⁵³, visant à modifier le rapport des gouvernements nationaux aux institutions internationales. Les différentes publications du groupe AMIRA lient d'ailleurs de façon indissociable recherche, planification et choix politiques, dans une optique de développement (Figure 10).

Le statactivisme du groupe AMIRA correspond donc à une vision alternative de l'aide aux pays africains, soutenant notamment qu'elle ne doit pas se réduire à un redressement des déséquilibres dans une approche financière et monétariste⁵⁴, mais qu'elle doit plutôt porter sur le développement à moyen terme. Plus largement, elle s'appuie sur une approche par les pratiques statistiques qui lui est propre, défendant une représentation du monde social et de ses tensions par les statistiques, en opposition à des autorités qui ne les reconnaîtraient pas.

53. Dumas M. (1972), « Décoloniser les statistiques », *StatÉco*, n° 2, pp. 85-86.

54. Olive G. et G. Winter (1982), *op. cit.*



54

Figure 10 – Schéma des liens qui unissent la recherche et ses enquêtes et l'action publique, selon AMIRA (Source : Winter G. (1976), « Le planificateur et les méthodes d'investigation en milieu rural », *StatÉco*, n° 9, p. 54.)

Ces grands objets d'AMIRA, tels qu'ils sont exposés dans *StatÉco*, donnent un aperçu de la richesse de la réflexion méthodologique qui a été à l'œuvre entre 1975 et 1988, et de sa réception positive au sein des milieux statistiques français et d'Afrique francophone. Pourtant, son existence paraît assez courte, et sa fin abrupte. Comment l'expliquer ?

4. La fin d'AMIRA, quel(s) héritage(s) ?

4.1 Fin d'AMIRA : dissolution du groupe, un « message » reçu par les praticiens ?

Héraut d'une « interdisciplinarité pragmatique puis féconde »⁵⁵, le groupe AMIRA est dissous en 1988. Dans ses mémoires, G. Winter avance comme raisons le fait qu'une partie du noyau du groupe avait quitté l'INSEE pour d'autres institutions, et, plus généralement, le succès du groupe. L'essentiel de son message est considéré comme « assimilé », d'autres institutions en « assurant le relais »⁵⁶. La publication à la Banque mondiale d'un rapport « Réfléchir pour mesurer » par J.-L. Dubois en 1992 abonde dans ce sens.

En observant les citations d'AMIRA dans *StatÉco*, qui disparaissent après le début des années 1990, peut-on considérer le message comme reçu ? On peut faire l'hypothèse que les réflexions d'AMIRA sont passées dans le « sens commun »⁵⁷ du champ des statisticiens et praticiens, au point que ses travaux ne sont plus directement cités. Jacques Charmes confirme cette hypothèse, considérant que « les progrès réalisés dans la mesure de la pauvreté, dans ses diverses dimensions (y compris la perception de la pauvreté), la généralisation des observatoires du

55. Winter G. (2010), *op. cit.*

56. Entretien : il assure ainsi que « ce message qu'on voulait faire passer, on l'a dit. Et il est passé. ».

57. Au sens non-bourdieuiste du terme, P. Bourdieu le définissant comme des « évidences immédiates et souvent illusoire » (*Choses dites*, Minuit, 1987).

changement, et d'une façon générale, tous les progrès réalisés dans les méthodologies d'enquêtes, ont une dette envers AMIRA. En ce sens, les travaux du groupe ont eu quelque chose de prémonitoire. »⁵⁸ L'assimilation des apports méthodologiques d'AMIRA est particulièrement aboutie au sujet des ménages : Jean-Pierre Cling, actuellement à la tête du service de coopération à l'INSEE, et Blaise Leenhardt écrivent que ce débat mené par AMIRA « *est maintenant intégré et assimilé sans l'illusion méthodologique quelque peu naïve des débuts de la statistique post coloniale.* »⁵⁹ Au sein du corpus de *StatÉco*, cette hypothèse paraît confirmée. Didier Blaizeau, alors appartenant à la division « Études et Méthodes statistiques pour le développement » de l'INSEE, fait ainsi référence à ces « *"fameuses" unités de collecte (chères au groupe AMIRA) que le statisticien doit in fine obligatoirement synthétiser au sein d'une entité ménage.* »⁶⁰ Les apports d'AMIRA au sein du paysage statistique français paraissent donc importants et durables.

Cependant, peut-on en conclure que le message d'AMIRA a été entendu et assimilé plus largement par les acteurs du développement ? Aujourd'hui, de nombreux acteurs soulignent le manque de réflexion méthodologique autour de la construction des données du développement : Jean-Pierre Cling lui-même qualifie les enquêtes ménages (Living Standards Measurement Study, LSMS) de « rouleur compresseur »⁶¹, par rapport à la faible prise en compte d'analyses sociales et historiques dans leur conception et réalisation.

De plus, au sein même du corpus de *StatÉco*, outre la disparition des mentions d'AMIRA, on remarque la diminution de la part des articles consacrés à cette réflexion méthodologique. Les sujets dont traite la revue évoluent vers des sujets plus macroéconomiques, évacuant peu à peu la question du rapport au terrain. Ce changement de thématique apparaît comme l'une des clés pour comprendre la place du groupe AMIRA et son héritage après sa dissolution. Il semble à la fois intrinsèquement lié à l'évolution du paradigme de la coopération statistique, marqué par un déclin de l'intervention française, et à l'évolution du système statistique international porté par les organisations internationales, se saisissant des problématiques des statistiques sociales. Cela nous invite donc à replacer la fin d'AMIRA dans le cadre d'un paysage international des statistiques et du développement.

4.2 Un héritage et son histoire à replacer dans les relations internationales de la statistique

On ne peut en effet dissocier la fin d'AMIRA et ses héritages de l'environnement international dans lequel ce groupe s'inscrit. AMIRA s'insère en effet dans un paysage international des statistiques (Ward, 2004) où celles-ci sont un enjeu de pouvoir pour les pays, les institutions internationales (Banque mondiale et Fonds monétaire international notamment) et les bailleurs de fonds, dans la mesure où elles constituent les arguments sur lesquels ces acteurs s'appuient concurremment.

Si AMIRA a été un groupe précurseur sur nombre de thématiques, le groupe partage ces problématiques au même moment avec d'autres praticiens, chercheurs et instances, au niveau international. La mention, au sein même de la revue *StatÉco*, d'un document des Nations Unies pour l'amélioration des statistiques sociales dans un éditorial de 1976⁶² l'illustre. De même, les questionnements autour de la mise en place de catégories adaptées préoccupent également l'UNSO (United Nations Statistical Office) au cours des années 1970 (Ward, 2004). Or, les

58. Charmes J. (2006), *op. cit.*

59. Cling J.-P. et B. Leenhardt (2006), *op. cit.*

60. Blaizeau D. (1992), « Mieux répondre aux besoins d'information sur les ménages. Quelques réflexions pour une approche cohérente », *StatÉco*, n° 72.

61. Entretien.

62. Franchet Y. (1976), « Éditorial », *StatÉco*, n° 10. Il « *insiste sur la spécificité des problèmes abordés pour différents groupes ou niveaux de développement à l'intérieur des pays* ».

réflexions méthodologiques françaises semblent peu présentes sur le plan international. En 1978, dans *StatÉco*, Yves Franchet note que « *les statisticiens francophones font peu parler d'eux dans les instances internationales. Au dernière congrès [...] ils n'ont présenté que 2 communications sur 80.* »⁶³ Bien que les travaux sur le secteur informel de Jacques Charmes ont connu un certain succès au sein du BIT, le travail d'AMIRA semble avoir trouvé peu d'écho dans le contexte international. Notamment, la publication de la synthèse des travaux d'AMIRA « Réfléchir pour mesurer » à la Banque mondiale ne semble pas avoir suscité d'applications particulières en son sein. Comment comprendre ce faible écho ?

Tout d'abord, les projets ambitieux de statistiques sociales comme le « System of Social and Demographic Statistics » sont abandonnés très tôt, dès les années 1970, par les institutions internationales, comme le souligne M. Ward (Ward, 2004). Cette tendance semble relever à la fois d'une considération pragmatique de la difficulté de mettre en place ces lourds systèmes, et d'une peur d'imposer un système statistique social trop proche d'une conception « socialiste » de l'économie. Dans cette configuration, c'est la Banque mondiale, s'opposant au UNSO, qui décide de mettre en place un système de statistiques sociales, « The Living Standards Measurement Study », en 1980. Bien que ces enquêtes existent toujours, ses choix méthodologiques sont décriés, au moment de leurs mises en place, car l'institution manque de l'expérience et du savoir-faire nécessaire. Dans cette nouvelle perspective, les réflexions d'AMIRA ne semblent donc plus avoir leur place. En effet, la Banque mondiale pense ces enquêtes avant tout comme lourdes et multifonctions, à rebours des recommandations d'AMIRA d'enquêtes légères à objectif unique, et la standardisation des catégories privilégiant la comparabilité ne laisse pas la place à une réflexion sur l'adaptation de ces catégories aux contextes nationaux voire régionaux⁶⁴.

Plus que cela, les conceptions de l'économie du développement évoluent, et, avec elles, les outils statistiques perçus comme appropriés. Ainsi, comme le souligne A. Desrosières, les années 1990 marquent le passage d'un État keynésien à un État néolibéral, d'une volonté de planification à la statistique centralisée, dont les idées d'AMIRA sont proches, à une volonté de gouvernance par objectif décentralisée (Desrosières, 2013b). Dans ce contexte, les indicateurs jouent un rôle de choix, notamment les « indicateurs globaux de gouvernance » (Cling et Roubaud, 2008) permettant une évaluation relative aux objectifs fixés : les objectifs du millénaire, par exemple, adoptés en 2000 pour l'horizon 2015, et les objectifs de développement durable (ODD) depuis 2016.

Or le groupe AMIRA semble avoir manqué le tournant des indicateurs, particulièrement « *les indices synthétiques (type Indice du Développement Humain, IDH)* »⁶⁵. Dans un article portant sur la question des classifications sociales et de leur opérationnalité⁶⁶, tiré d'une brochure AMIRA, André Marty évoque certes les travaux d'AMIRA, dès le début des années 1980, portant sur les « indicateurs de transition »⁶⁷. Ces indicateurs demeurent cependant liés à une vision planificatrice et macroéconomique, non à une gouvernance par objectifs.

Enfin la dissolution d'AMIRA s'inscrit dans un contexte de déclin continu de la coopération statistique française avec l'Afrique, donc de son modèle propre, et de la montée en force des institutions internationales. Ce déclin s'illustre notamment par la forte diminution du personnel mis à disposition dans le cadre de « l'assistance technique » passant de 23 000 en 1980 à 9 000 en 1990 et à moins de 1 000 depuis 2011 (Charnoz et Severino, 2015). Comme l'écrit Boris Samuel, les statistiques incarnent alors une « *lutte d'influence autour des manières de faire administratives, qui véhiculent avec elles une vision économique du développement* » (Samuel, 2013), et la France,

63. Franchet Y. (1978), « Éditorial », *StatÉco*, n° 16.

64. *A Guide to Living Standards Measurement Study Surveys and Their Data Sets*, World Bank, 1995.

65. Jacques Charmes, *op. cit.*

66. Marty A. (1986), « Une approche de la classification sociale en milieu rural sahélien », *StatÉco*, n° 48, pp. 57-84.

67. AMIRA (1983), « État des travaux sur les indicateurs de transition ».

hégémonique dans l'appui aux administrations de ses anciennes colonies jusqu'au milieu des années 1990, « *a laissé le terrain au FMI depuis la dévaluation de 1994* ». Les années 1990 sont marquées par un bouleversement des instituts nationaux de statistique en Afrique⁶⁸, du fait d'une sollicitation accrue voire trop ambitieuse de la part des institutions internationales, dont l'influence se renforce alors, et de leur spécialisation conséquente sur un nombre réduit de sujets.

Le service de coopération de l'INSEE et le nombre de statisticiens coopérants envoyés sur le terrain sont progressivement réduits⁶⁹, et la coopération française délaisse les statistiques sociales et autres enquêtes ménages pour se recentrer sur la comptabilité nationale et d'autres sujets financiers. La coopération est réorientée vers d'autres aires géographiques : Asie et pays de l'Est, notamment après la chute du mur de Berlin. C'est ce dont témoigne l'évolution des couvertures de *StatÉco* (Figure 11), à partir de 1989 : on passe ainsi d'une représentation stylisée du continent africain à une représentation du monde, centrée sur l'Afrique, l'Europe et l'Asie, marquant, suite à la chute du mur, un tournant de la coopération française vers les pays d'Europe de l'Est. Du côté français les perspectives d'héritage d'AMIRA se trouvent donc limitées.



Figure 11 – Couvertures de *StatÉco*, de gauche à droite, numéros 15 (1978), 27 (1981), 63 (1990) et 89 (1998)

4.3 Les héritages d'AMIRA : la mise en place d'enquêtes pérennes par focalisations progressives, les enquêtes 1-2-3 au sein du laboratoire DIAL

Cette évolution du paysage statistique international permet de resituer la place des réflexions d'AMIRA dans la production statistique ultérieure. Malgré le succès de l'approche des institutions internationales, la France et les institutions au sein desquelles AMIRA a existé restent d'importants acteurs du développement ; quel héritage d'AMIRA peut-on saisir en leur sein ?

Le principal héritage direct d'AMIRA semble être la mise en place du laboratoire DIAL (Développement, Institutions et Analyses de Long Terme puis Développement, Institutions et Mondialisation) et d'enquêtes par focalisations progressives qui se sont graduellement

68. Cling et Roubaud (2008) : « *Ainsi, malgré un investissement considérable de ressources dans les systèmes statistiques des PED, la Banque a jusqu'ici failli dans sa mission de renforcement institutionnel, notamment des instituts nationaux de statistique ; elle a même parfois contribué à leur fragilisation. [...] Nombre de pays pauvres se trouvent donc dans la situation paradoxale où certaines activités statistiques situées en dehors du système statistique officiel sont grassement financées, alors même que les fonctions de base de la statistique publique ne sont pas remplies.* »

69. Entretien.

étendues au-delà de l'Afrique francophone. En effet, dès la fin des années 1980, alors que le groupe AMIRA disparaît, le projet DIAL est imaginé, par Gérard Winter notamment, pour qui il s'agit de « mener des études et recherches relatives à la définition, au suivi et à l'évaluation des politiques économiques dans les pays en développement, ceci afin d'éclairer la réflexion des agences de coopération et des pays d'Afrique, des Caraïbes et du Pacifique (ACP) lors de la mise en œuvre des plans d'ajustement structurel »⁷⁰. DIAL est créé en 1990 et G. Winter le rejoint par la suite comme conseiller du directeur.

On peut y voir un lien direct avec le groupe AMIRA, puisque DIAL se caractérise aussi par une structure institutionnelle innovante, entre l'INSEE, l'IRD, et plus récemment l'AFD (Agence française pour le développement). De même, DIAL opère un « mélange intime » entre « recherche académique, d'expertise et de terrain, de coopération et enfin de mise au point de méthodes qui fait l'originalité du travail de DIAL »⁷¹.

L'un des apports de DIAL réside dans les enquêtes 1-2-3, caractérisées par une « focalisation progressive », que Winter décrit ainsi :

« Du point de vue des statistiques pures, des enquêtes statistiques, je pense que ça a eu un impact, avec DIAL. [...] L'idée que DIAL a mis en chantier, c'est les enquêtes 1-2-3, on focalise progressivement, et grâce aux renseignements qu'on a à la première, on fait la suivante mieux, et la deuxième ; cela permet de bien définir l'univers qu'on a et de mieux stratifier, définir les unités. »

Elles mettent en œuvre trois phases, à l'image des enquêtes de Jacques Charmes : une enquête auprès des ménages, afin de connaître les caractéristiques socio-démographiques et d'appréhender l'emploi ; puis une enquête sur le secteur informel à partir des données issues de la première phase, qui permettent de déterminer les unités de production ; enfin, une enquête sur les conditions de vie et la consommation d'un sous-échantillon de ménages de la phase 1⁷².

C'est là un héritage important du groupe AMIRA qui a contribué à l'intérêt grandissant pour la mesure du secteur informel, et l'étude plus précise de certains métiers⁷³, à tel point que Jacques Charmes affirme lui-même, en 2006, revenant sur l'expérience d'AMIRA : « Il est aujourd'hui plus facile d'obtenir des estimations fiables pour le secteur informel que pour le secteur formel »⁷⁴.

Pour autant, cet héritage est pluriel, voire disputé. Ces enquêtes 1-2-3 semblent en effet avoir été à l'origine d'approches différentes ; tout en reprenant l'innovation de Jacques Charmes, François Roubaud a cherché à combiner dans ces enquêtes une diversité de perspectives, imbriquant enquête emploi, enquête sur les petites unités de production et enquête budget-consommation, rompant avec l'approche par métier et logiques de productions chère à Jacques Charmes. Cette opposition semble également refléter une évolution des théories du développement ; les théories de la modernisation dominantes jusqu'aux années 1970, mettant l'accent sur la nécessité de l'industrialisation (et ainsi de l'étude des unités productives), ont laissé la place à une approche mettant au centre la lutte contre la pauvreté, objectif affirmé avec force par la Banque mondiale en 1990. Dans ce contexte, c'est avant tout la contribution à l'emploi et au revenu des ménages du secteur informel, perçu comme un vecteur de résilience des sociétés en tant de crise, qui focalise l'attention, perspective dont témoignent en partie les enquêtes 1-2-3.

70. Winter G. (2010), *op. cit.*

71. Cling J.-P. et Leenhardt B. (2006), *op. cit.*

72. Razafindrakoto M., F. Roubaud et C. Torelli (2009), « La mesure de l'emploi et du secteur informels : leçons des enquêtes 1-2-3 en Afrique », *StatÉco*, n° 104.

73. En entretien, Constance Torelli explique que l'approche par métier permet d'« étudier de façon plus précise certains univers ».

74. *ibid*

Pourrait-on donc considérer l'héritage d'AMIRA dans la perpétuation d'une tradition française de l'approche du développement, dont les enquêtes 1-2-3 seraient un exemple ? Cela demeure une question ouverte mais le groupe de réflexion « Ménages et Crises » organisé par Gérard Winter autour des politiques d'ajustement structurelles en Afrique et de leur conséquence au début des années 2000 s'inscrit également dans cette lignée. Alliant encore une fois sociologues, anthropologues, et économistes-statisticiens, il s'agit de mettre en avant le « jeu des normes et des acteurs » au cours de cette décennie perdue du développement et de porter une interprétation concurrente des faits économiques⁷⁵.

5. Conclusion : forces et faiblesses de l'innovation dans la périphérie

« My second concluding remark may seem offensive, but I wish to be lucid. Rural economics, and particularly African rural economics, never had a privileged place in prestigious, mainstream economic science and the activities of the AMIRA Group were, objectively speaking, conducted on the fringe, far from the epicenter of the major issues and the resounding debates. This estrangement and decentralization have been providential. Kept at some distance from orthodoxies and noisy conflicts alike, we were able to work in the interstitial space allowed us by a number of powerful but fairly tolerant institutions. In the arena of development research, the game is therefore not entirely lost. If we had suspected it might be, this paper is here to assure us of the contrary. »

Philippe Couty, « Preface », in Jean-Louis Dubois, *Think before measuring*, 1992

Comme l'exprime Philippe Couty, le groupe AMIRA a donc tiré sa force de sa position périphérique et interstitielle, du fait de son objet d'étude premier, le développement rural. C'est cette position qui lui a permis d'allier des chercheurs d'horizons très différents et de mobiliser les moyens de différentes institutions, avec une flexibilité propice à l'innovation pratique et méthodologique. Elle apparaît comme un élément clé de la compréhension de la place et de l'héritage du groupe AMIRA.

C'est également cette position qui semble avoir confiné ses réflexions à un cercle restreint de praticiens du développement et africanistes, sans s'étendre complètement aux institutions internationales ayant pris le dessus dans les statistiques sociales à partir des années 1990. Dans cette ambition d'élaborer des concepts et des méthodes spécifiques, AMIRA semble embrasser une tradition française spécifique de la statistique, caractérisée par sa réflexivité. Le groupe s'inscrit en effet dans la droite lignée de la sociologie de la quantification, et d'une réflexion sur les « chaînes statistiques » (Labrousse, 2016), et dont Alain Desrosières est le représentant le plus important.

Cette tradition s'inscrit plus spécifiquement pour AMIRA dans le cadre de la coopération statistique française, qui tient ensemble deux approches bien différenciées mais mêlées en pratique, comme le soutient Bertrand Savoye. La première vise à imposer, tout en adaptant à la marge, les nomenclatures et cadres français au cas africain, approche que l'on retrouve aussi dans l'action des grandes institutions internationales. La seconde cherche à développer des « approches spécifiques » (Savoye, 2016) au continent africain, et constitue une spécificité de la coopération statistique française, dont AMIRA a été le héraut. Inductive, cette approche est aussi liée à la pluridisciplinarité et au rapport au terrain qui structurent les réflexions du groupe, qui se retrouvent aussi dans le travail qui a été mené sur les catégories socioprofessionnelles en France dans les années 1970 et au début des années 1980⁷⁶.

75. Winter G., J.-P. Chauveau, G. Courage, M. Levy et al. (2001), *Inégalités et politiques publiques en Afrique. Pluralité des normes et jeux d'acteurs*, Paris, Karthala - IRD.

76. Évoquant la nomenclature socioprofessionnelle de 1982, Gérard Winter pense ainsi « que la réflexion sur les instruments est une réflexion qui n'est pas spécifique à la coopération, l'INSEE l'a fait [Desrosières] a réfléchi sur les catégories socio-prof, sur l'instrument statistique, il a bien réfléchi dessus. » (Entretien)

Un chantier, visant à étudier avec plus de précision les relations et les interactions de ce groupe avant tout français avec les administrations et les statisticiens africains et l'influence que leurs réflexions ont pu avoir au sein de ces institutions, reste ouvert. Les membres d'AMIRA mettent en effet en avant leur volonté d'échange et ont participé à de nombreuses formations destinées aux statisticiens et économistes africains francophones⁷⁷.

Enfin, progressivement marginalisées, les réflexions d'AMIRA retrouvent aujourd'hui une actualité nouvelle. Les questionnements contemporains autour des statistiques du développement leur font écho. Les expérimentations aléatoires notamment, inspirées des essais cliniques randomisés, semblent souffrir d'un « *rapport distancié au terrain des chercheurs* », d'une « *vision dévaluée du qualitatif* », ou encore « *d'un cloisonnement disciplinaire* » (Jatteau, 2013), autant de thèmes abordés auxquels AMIRA a cherché à apporter des outils et des solutions. Elles soulèvent éminemment la question de la généralisation, posée aujourd'hui en matière de « reproductibilité », qu'AMIRA avait tenté de résoudre par la conjugaison du qualitatif et du quantitatif. Certains, comme Arthur Jatteau, soutiennent que les approches expérimentales aboutissent à une appréhension faussée de la réalité sociale et de certains enjeux de développement. De ce fait, les réflexions portées par le groupe AMIRA apparaissent d'une actualité nouvelle. La promotion par une partie des acteurs du développement de « *mixed methods* » pourrait tirer profit d'un retour sur le devant de la scène de l'expérience AMIRA. L'alliance des approches qualitatives et quantitatives, permettant de combiner la souplesse de l'un avec la rigueur de l'autre, dans des conditions où la mise en place d'enquêtes quantitatives rigoureuses demeure complexe, fait écho aux travaux du groupe (Bamberger, Rao et Woolcock, 2010).

A contrario, comme l'écrit cependant B. Savoye, « à force de mettre en place des outils, des méthodes d'enquêtes ou des concepts spécifiques, [l'approche particulariste] peut présenter parfois le risque d'isoler la statistique africaine » (Savoye, 2016). Au regard d'expérimentations aléatoires portées par un idéal universaliste de reproductibilité, ces « approches spécifiques » sacrifient en effet une partie de la vertu comparative des statistiques au profit d'une analyse non-réifiante. C'est cette critique qu'il s'agit de surmonter pour les défenseurs d'une pluridisciplinarité des méthodes d'investigation.

77. Entretien.

Remerciements

Nous remercions chaleureusement Boris Samuel, dont les suggestions, les perspectives et l'aide nous ont été précieuses, et qui nous a accompagnés tout au long de cette recherche, ainsi qu'Emmanuel Didier, à qui nous devons notre initiation à la socio-histoire des statistiques. Merci également à Géraldine Duthé pour sa relecture et ses précieux conseils et suggestions. Nous restons seuls responsables des éventuelles erreurs et imprécisions qui demeureront dans cet article.

Références

Sources principales

Entretien réalisé avec Gérard Winter, Jean-Pierre Cling et Constance Torelly le 25 novembre 2019 au siège de l'INSEE.

Couty Ph. (1996), *Les apparences intelligibles*, Paris, Ed. Arguments.

Winter G. (2010), *À la recherche du développement : un fonctionnaire au service d'une passion*, Paris, Karthala.

Revue *StatÉco* de 1972 à aujourd'hui, disponible en accès libre sur le site :

http://www.epsilon.insee.fr/jspui/handle/1/14666/browse?type=anneepublication&sort_by=2&order=ASC&rpp=50&etal=0&submit_browse=Mettre+%C3%A0+jour

Voici une sélection des articles qui nous paraissent les plus importants dans le cadre de notre recherche :

- *StatÉco*, n° 1, 1972 : A. Ficatier, « Éditorial ».
- *StatÉco*, n° 7, 1976 : G. Winter, « Présentation du groupe de recherche AMIRA ».
- *StatÉco*, n° 17, 1978 : G. Ancey, « Défense et illustrations d'un moyen d'investigation en milieu rural, peu connu des anthropologues : la M.A.P. », pp. 114-122.
- *StatÉco*, n° 21, 1979 : J. Charmes, « Une recherche en cours : l'enquête sur le secteur non structuré en Tunisie ».
- *StatÉco*, n° 29, 1982 : G. Olive et G. Winter, « Libres propos sur les interventions du FMI dans les pays en voie de développement ».
- *StatÉco*, n° 31, 1982 : J. Charmes, « Le secteur non structuré dans les comptes nationaux : l'expérience de la Tunisie ».
- *StatÉco*, n° 34, 1983 : Ph. Couty, « Le qualitatif et le quantitatif ».
- *StatÉco*, n° 43, 1985 : M.-E. Gruenais, B. Lacombe, G. Boungou et A. Guillaume, « Une enquête à l'orée de la pluridisciplinarité ».
- *StatÉco*, n° 72, 1992 : D. Blaizeau, « Mieux répondre aux besoins d'information sur les ménages. Quelques réflexions pour une approche cohérente ».
- *StatÉco*, n° 100, 2006 : J.-P. Cling et Bl. Leenhardt, « Éditorial : 100 numéros de *StatÉco* »
- *StatÉco*, n° 100, 2006 : J. Charmes, « L'héritage d'AMIRA ».

Bibliographie générale

Assidon E. (2002), *Les théories économiques du développement*, Paris, La Découverte.

Bamberger M., V. Rao, and M. Woolcock (2010), « Using Mixed Methods in Monitoring and Evaluation: Experiences from International Development », World Bank Policy Research Working Paper n° 5245.

Barré L. (2017), « Compter pour planifier : dénombrement de la population et "capitalisme d'État" en Côte d'Ivoire (1954-1967) », *Politique africaine*, vol. 1, n° 145, pp. 109-128.

- Bédécarrats F., I. Guérin et F. Roubaud (2013), « L'étalon-or des évaluations randomisées : du discours de la méthode à l'économie politique », *Sociologies pratiques*, vol. 2, n° 27, pp. 107-122.
- Bensaïd A. (1969), « Insuffisance des statistiques de nutrition dans le tiers monde », *Économie et statistique*, n° 1, p. 69.
- Bensaïd A., R. Bascou-Brescane, R. Hallu et P. Verneil (1970), « Réalités africaines et enquêtes budget-consommation », *Économie et statistique*, n° 11, pp. 21-32.
- Bonnecase V. (2015), « Généalogie d'une évidence statistique : de la "réussite économique" du colonialisme tardif à la "faillite" des États africains (v.1930-v.1980) », *Revue d'histoire moderne & contemporaine*, vol. 62, n° 4, pp. 33-63.
- Bonneuil C. (2000), « Development as Experiment: Science and State Building in Late Colonial and Postcolonial Africa, 1930-1970 », *Osiris*, n° 15, p. 258.
- Bruno I. (2015), « Défaire l'arbitraire des faits. De l'art de gouverner (et de résister) par les "données probantes" », *Revue Française de Socio-Économie*, n° 2 (Hors-série), pp. 213-227.
- Bruno I., E. Didier et J. Prévieux (éds.) (2014), *Statactivisme. Comment lutter avec des nombres*, Paris, La Découverte : Zones.
- Chanoz O. et J.-M. Severino (2017), *L'aide au développement*, Paris, La Découverte.
- Cling J.-P. et F. Roubaud (2008), « IV. La banque de "savoirs" », in *La Banque mondiale*, Paris, La Découverte : Repères, pp. 71-91.
- Cogneau D. (2010), « 20 ans après : éléments de micro-histoire », <http://dial.ird.fr/media/ird-sites-d-unites-de-recherche/dial/documents/conferences/scientifiques/table-ronde-2010/dial20anscogneau> .
- Courade G. (1998), « Philippe Couty, Les apparences intelligibles : une expérience africaine », *Tiers-Monde*, vol. 39, n° 153.
- Coussy J. (2006), « États africains, programmes d'ajustement et consensus de Washington », *L'Économie politique*, n° 4, pp. 29-40.
- Couty Ph. (1996), *Les apparences intelligibles*, Paris, Éd. Arguments.
- Couty Ph., G. Winter G., AMIRA (1983), *Qualitatif et quantitatif : deux modes d'investigation complémentaires. Réflexions à partir des recherches de l'ORSTOM en milieu rural africain*, Paris, AMIRA.
- Crozier M. et E. Friedberg (2014 [1977]), *L'Acteur et le système : les contraintes de l'action collective*, Paris, Éditions Points.
- D'Almeida-Topor H. (2013), *L'Afrique du 20^e siècle à nos jours*, Paris, Armand Colin.
- Deaton A. and N. Cartwright (2016), « Understanding and Misunderstanding Randomized Controlled Trials », NBER Working Paper n° 22595.
- Desrosières A. (1992), *La Politique des grands nombres. Histoire de la raison statistique*, Paris, La Découverte.

Desrosières A. (2013a), « La mesure du développement : un domaine propice à l'innovation méthodologique », *Revue Tiers Monde*, vol. 1, n° 213, pp. 23-32.

Desrosières A. (2013b), « Chapitre 3. Historiciser l'action publique : l'État, le Marché et les Statistiques. », in *Pour une sociologie historique de la quantification : l'argument statistique I*, Paris, Presses des Mines, pp. 39-56.

Doligez F. (2016), « Retour sur l'expérience d'Amira, 1975-1988 », *Afrique contemporaine*, vol. 2, n° 258, pp. 132-34.

Dubois J.-L. (1992), « Think before measuring: methodological innovations for the collection and analysis of statistical data », Social dimensions of adjustment in sub-Saharan Africa working paper, n° 7, Washington DC, World Bank.

Egil F. (2015), « Les objectifs de développement durable, nouveau "palais de cristal" ? », *Politique africaine*, n° 140, pp. 99-120.

Enten, F. (2017), « Temporalités des systèmes d'alerte précoce et extraversion de l'État éthiopien (2003-2016) », *Politique africaine*, n° 145, pp. 65-83.

Fioramonti L. (2014), *How Numbers Rule the World: The Use and Abuse of Statistics in Global Politics*, Londres/New York, Zed Books.

Gentil D. (2013), *Au cœur de la coopération internationale, trajectoires d'un praticien*, Paris, Karthala.

Jatteau A. (2013), « Expérimenter le développement ? Des économistes et leurs terrains », *Genèses*, n° 93, pp. 8-28.

Jerven M. (2013), *Poor Numbers: How We Are Misled by African Development Statistics and What to Do About It*, Ithaca, Cornell University Press.

Labrousse A. (2016), « Chaînes statistiques et économie politique du chiffre », *Annales. Histoire, Sciences Sociales*, n° 4, pp. 845-878.

Lautier B. (2004), *L'économie informelle dans le Tiers-Monde*, Paris, La Découverte : Repères.

Razafindrakoto M., F. Roubaud et C. Torelli (2009), « La mesure de l'emploi et du secteur informels : leçons des enquêtes 1-2-3 en Afrique », *StatÉco*, n° 104.

Samuel B. (2013), « La production macroéconomique du réel : formalités et pouvoir au Burkina Faso, en Mauritanie et en Guadeloupe », Thèse de doctorat, Sciences Po Paris.

Samuel B. (2016), « Étudier l'Afrique des grands nombres », *Annales. Histoire, Sciences Sociales*, n° 4, pp. 897-922.

Samuel B. (2017), « Planifier en Afrique. Introduction au thème », *Politique africaine*, n° 145, pp. 5-26.

Sanner P. (1994), « Contribution à un mémorial du service colonial de statistiques 1923-1958 », *Journal de la société statistique de Paris*, vol. 135, n° 1, pp. 73-99

Savoye B. (2016), « Approches françaises de la statistique en Afrique. Quels enseignements tirer de quatre décennies de coopération intense », *Afrique contemporaine*, n° 258, pp. 113-129.

Touchelay B. (1998), « Le développement de la statistique d'Outre-mer du début du siècle aux indépendances : l'accomplissement progressif d'une tâche de souveraineté », in Comité pour l'histoire économique et financière de la France (1998), *Un siècle de relations monétaires et financières*, Colloque tenu à Bercy les 13, 14 et 15 novembre 1996, Paris, Imprimerie nationale, pp. 259-280.

Ward M. (2004), *Quantifying the World: UN Ideas and Statistics*, Bloomington (Ind.), Indiana University Press: United Nations Intellectual History Project Series.

Winter G. (2010), *À la recherche du développement : un fonctionnaire au service d'une passion*, Paris, Karthala.

Winter G., J.-P. Chauveau, G. Courage, M. Levy *et al.* (2001), *Inégalités et politiques publiques en Afrique : pluralité des normes et jeux d'acteurs*, Paris, Paris : IRD, Karthala.

World Bank (1995), *A Guide to Living Standards Measurement Study Surveys and Their Data Sets*.

La nationalité, une histoire de chiffres

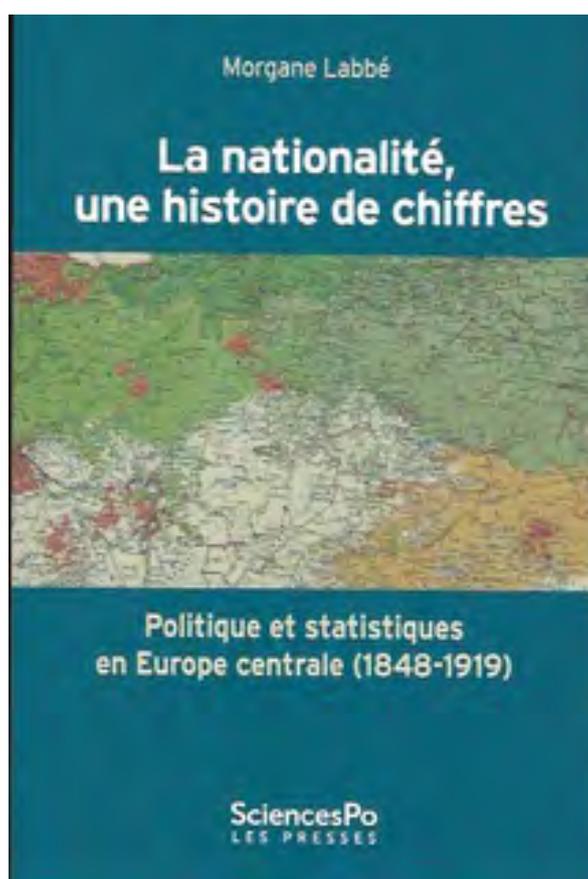
Politique et statistiques en Europe centrale (1848-1919)

de Morgane LABBÉ (2019)



Jean-Jacques DROESBEKE¹

Université libre de Bruxelles



Livre (378 pages)

Auteur : Morgane LABBÉ

Édition : SciencesPo Les Presses – 2019

ISBN : 978-2-7246-2495-3

1. jjdroesb@ulb.ac.be

« Lorsque l'historien consulte les archives administratives du XIX^e siècle, il découvre avec étonnement de longues séries de chiffres sur les nationalités, les langues, les religions, comme autant de tableaux d'une Europe disparue.

Il constate la précision des enregistrements des minorités et relève que ce travail bureaucratique méticuleux protégeait autant leurs droits qu'il dessinait le cadastre des minorités nationales et confessionnelles bientôt expulsées, assimilées, persécutées.

À partir de l'exemple de la Pologne, territoire alors partagé entre la Prusse, la Russie et l'Autriche-Hongrie, l'auteure démontre que le recensement des populations, l'édification de cartes, le choix de critères démographiques, linguistiques et confessionnels ont servi des projets politiques plus divers que la littérature historique ne l'a longtemps laissé supposer. C'est ainsi qu'en 1919, par un retournement de l'histoire, les statistiques démographiques officielles des trois empires annexionnistes, réappropriées tant par les opposants polonais que par les experts de la Conférence de la paix, ont contribué à l'édification d'un nouvel État polonais. »

Ce texte, présenté en quatrième de couverture de l'ouvrage écrit par Morgane Labbé, est certes conforme au contenu, mais ne permet pas d'en soupçonner suffisamment la richesse. L'ouvrage comporte une introduction de dix pages, neuf chapitres, regroupés en quatre parties, et se termine par une conclusion de cinq pages.

En spécialiste de l'histoire de la statistique, Morgane Labbé commence par réaliser son étude dans le cadre du développement de la statistique administrative qui s'est opéré au XIX^e siècle, en Europe. Le souci de prélever des informations statistiques diverses, recueillies par les ministères et bureaux statistiques des nations au service de leurs gouvernements, constitue une facette importante de l'évolution de l'art de gouverner un pays. Cette importance s'est traduite par un autre souci, initié par le Belge Adolphe Quetelet au milieu du siècle, de tenter d'harmoniser certaines procédures lors de congrès internationaux qui se sont déroulés périodiquement (Bruxelles, 1853 ; Paris, 1855 ; Vienne, 1857 ; Londres, 1860 ; Berlin, 1863 ; Florence, 1867 ; La Haye, 1869 ; Saint Pétersbourg, 1872 ; Budapest, 1876). Parmi les pays qui ont participé à ces réunions internationales, la Prusse, l'Autriche et la Russie avaient un sujet de discussion particulier, la Pologne, partagée entre ces trois entités depuis 1795. Mais elles n'avaient pas la même façon de le considérer. Cette particularité est au centre de l'ouvrage de Morgane Labbé qui se concentre sur la période allant de 1848, année d'insurrections diverses, à 1919, année de la conférence de la paix qui voit la Pologne retrouver son indépendance.

Une première partie, intitulée « Statistique nationale, statistique impériale », comporte trois chapitres. Le premier examine avec clarté la manière dont l'enregistrement de la nationalité est traité. Le recours aux éditions de cartes et de tableaux statistiques prévaut dans l'espace germanique, préoccupé par la construction d'un État national allemand. De leur côté, les États impériaux autrichien et russe ont pour ambition de conserver leur unité. Dans ce contexte, la carte ethnographique de la monarchie autrichienne due à Karl von Czoernig (voir la Figure 1) est remarquable. Les congrès internationaux initiés par Quetelet sont des lieux privilégiés pour promouvoir ces constructions statistiques.

1. <https://jakevdp.github.io/PythonDataScienceHandbook/>

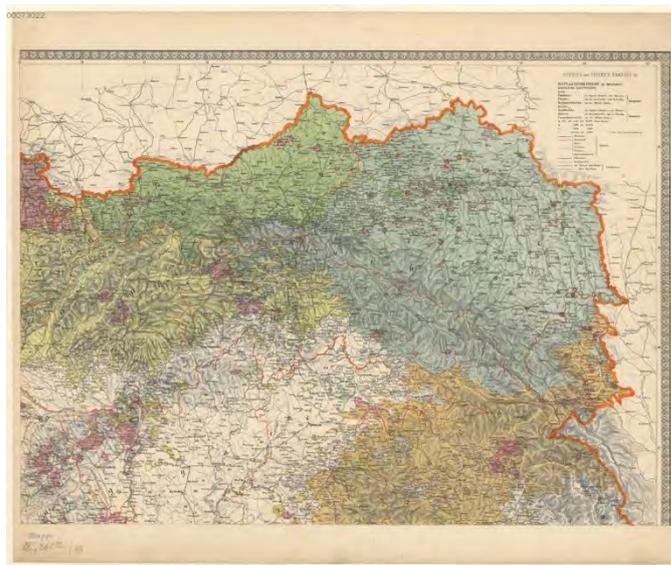


Figure 1 – *Ethnographische Karte der oesterreichischen Monarchie, Wien, 1855*
(Karl von Czoernig)²

Le deuxième chapitre traite de la « nation », cette variable statistique introuvable dans les discussions qui se sont déroulées au cours de ces réunions internationales. Morgane Labbé nous emmène de Vienne (1857) — où la statistique ethnographique de Czoernig animait les débats — à Saint Pétersbourg (1872) — où la « langue parlée » est au centre du concept de nationalité — pour s'arrêter à Budapest (1874) — où l'on s'intéresse à la manière dont on constate la nationalité d'une population.

Le troisième chapitre, enfin, examine les travaux réalisés par le Bureau prussien de statistique dans le but de quantifier le concept de nationalité et souligne toute l'importance de cette activité.

La deuxième partie de l'ouvrage est intitulée « Politique des nationalités et usages des statistiques ». Deux chapitres la composent. Le chapitre 4 s'intéresse à nouveau au Bureau prussien de statistique et à sa *Polenpolitik*. L'unification allemande de 1870 engendra une germanisation des minorités et le développement d'un antisémitisme puisant sa vigueur dans des relevés statistiques de plus en plus fouillés. Le chapitre 5 traite, de son côté, des laboratoires de la statistique polonaise apparus dans la Pologne russe, dès 1824, et du rôle joué par les sociétés savantes polonaises, au début du XX^e siècle, dans le but d'avoir une contre-statistique polonaise.

La troisième partie de l'ouvrage est intitulée « Dénombrer les nationalités : l'horizon impérial de la première guerre mondiale ». Morgane Labbé examine la manière dont les usages politiques des statistiques se sont consolidés en mettant en lumière, dans le chapitre 6, combien les dénombrements et statistiques d'occupation sont au centre des préoccupations des belligérants. En complément, le chapitre 7 présente trois annuaires de la Pologne, *La statistique de la Pologne*, *l'Annuaire statistique du royaume de Pologne et des autres terres polonaises* et *l'Annuaire de la Pologne*, réalisés dans des lieux et institutions différents. Il analyse aussi la création, en 1917, de la Société des statisticiens et économistes polonais et *l'Encyclopédie polonaise* du Comité national polonais, ce qui permet aux lecteurs de se faire une très bonne idée sur le type d'informations statistiques élaborées à l'époque.

2. Source : https://daten.digitalle-sammlungen.de/~db/ausgaben/thumbnaeilseite.html?id=00073022&seite=1&image=bsb00073022_00001.jpg&fip=193.174.98.30

Dans la quatrième et dernière partie, « Diplomatie internationale et conférence de la paix : les arithmétiques nationales », Morgane Labbé examine avec minutie comment les conférences internationales et diplomatiques ont recouru aux expertises statistiques pour redessiner la carte de l'Europe. Deux chapitres la composent. Le premier d'entre eux aborde la question de l'usage des statistiques — utilisées dans l'expertise française, d'une part, américaine, d'autre part — qui ont servi de base à la conférence de la paix. Le chapitre 9, quant à lui, porte sur le lien entre experts et diplomates et sur les usages et controverses statistiques qui ont émaillé les travaux de la Commission des Affaires polonaises.

Comme le souligne fort à propos l'auteure dans la conclusion, cet ouvrage présente une démarche originale qui consiste à « *partir de l'histoire de la statistique pour donner une lecture nouvelle de l'histoire de l'État et du nationalisme* » (p. 361). Son analyse de l'élaboration des statistiques prussiennes, « *centrées sur l'individu et identifiant la nationalité dans la langue maternelle* » et de celle effectuée par les responsables autrichiens et russes, plus « *traditionnelle, descriptive, taxinomique et territoriale* » l'amène de façon convaincante à penser que ces deux processus ont coexisté jusqu'à la première guerre mondiale, les débats se développant au départ au sein des sessions des congrès internationaux de statistique initiés par Quetelet. L'auteure retrace clairement dans son ouvrage l'essor de la statistique des nationalités au cours d'une période marquée par des révolutions et des crises importantes, jusqu'au premier conflit mondial. Elle nous montre aussi comment les Polonais ont su s'approprier la statistique pour lutter contre les puissances qui s'étaient partagé leur pays.

De plus, cet ouvrage porte un éclairage tout à fait intéressant sur la question des minorités nationales qui enflamma l'Europe centrale entre les deux guerres mondiales.

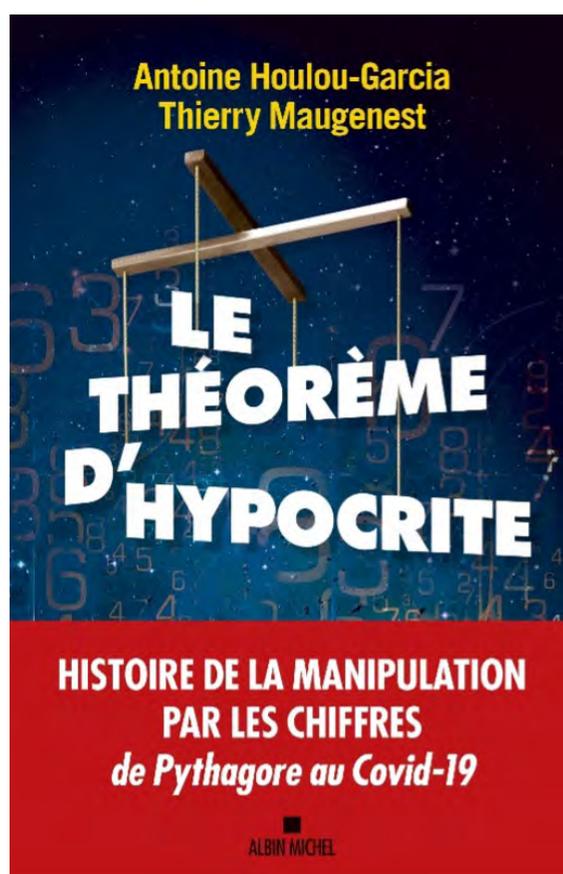
Voici un livre passionnant, bien écrit, bien structuré, qui ne pourra que plaire à celles et ceux qui s'intéressent à l'usage des statistiques par les États.

Le Théorème d'hypocrite

de Antoine HOULOU-GARCIA et
Thierry MAUGENEST(2020)



Antoine ROLLAND¹
Université Lumière Lyon 2



Livre (352 pages)

Direction : Antoine HOULOU-GARCIA et Thierry MAUGENEST

Édition : Albin Michel – 2020

ISBN : 978-2-226-45382-2

1. antoine.rolland@univ-lyon2.fr

Antoine Houlou-Garcia, ancien statisticien (INSEE) a publié plusieurs essais sur les mathématiques et a reçu le prix *Tangente* de vulgarisation scientifique pour son livre *Mathematikos*. Thierry Maugenest est l'auteur de nombreux romans et essais, ainsi que d'une trilogie consacrée à Carlo Goldoni. Dans ce livre écrit à quatre mains, les auteurs nous emmènent dans un parcours en dix chapitres présentant les utilisations de l'information chiffrée dans notre vie quotidienne. Le résultat est un livre très érudit, qui traverse l'histoire et l'actualité de l'utilisation des nombres dans la vie publique.

L'ancienne appartenance d'un des auteurs à l'INSEE est palpable dans plusieurs chapitres ! En particulier, l'accent est mis sur le caractère ambigu de la statistique au service de la politique. Le long cheminement de la naissance de la statistique publique est retracé sur plusieurs siècles, et mis en perspective avec le besoin pour l'état de justifier l'ordre établi. La statistique publique, en transformant les êtres en nombres, permet l'éloignement du sensible et remplace un état individuel (je suis chômeur, ou je ne mange pas à ma faim) par un fait collectif (la courbe du chômage, ou le cours du blé). Le livre insiste alors sur la perversité possible des statistiques : « *Alors que les indicateurs statistiques étaient conçus initialement pour modéliser la réalité, ils rétroagissent sur la réalité et finissent par l'infléchir* ». Le discours est assez militant non pas pour l'abandon des nombres dans la vie publique, mais pour leur utilisation raisonnée, en s'appuyant sur l'aphorisme de Goodhart : « *quand une mesure devient une cible, elle cesse d'être une bonne mesure* ».

Le propos est sans pitié également pour une autre dérive de la statistique, qui mène presque en droite ligne de Quételet à l'eugénisme. En insistant sur la distribution normale de nombreuses variables statistiques dans la population, et tout à son obsession de « l'homme moyen », la statistique au XIX^e siècle a également été dévoyée, dès que l'on considère que celui qui est aux marges est « anormal » et doit être mis au ban de la société. C'est ainsi que les statisticiens Francis Galton et Karl Pearson imagineront à partir de la statistique un « *eugénisme scientifique, raisonné, mathématisé* » pour supprimer les personnes a-normales.

D'autres chapitres sont plus éclectiques, traitant de la fraude dans l'utilisation des statistiques, proposant une introduction aux biais de l'intelligence artificielle et de l'apprentissage automatique, ou faisant un détour, sans s'appesantir, sur des notions de mathématiques en lien avec le débat public sans être des notions statistiques pour autant. En particulier sont évoquées la théorie des jeux – et le dilemme du prisonnier – ou la théorie du vote – et le paradoxe de Condorcet.

Le livre se termine sur un sujet ancré dans l'actualité de 2020, en interrogeant les usages de la statistique en médecine. Après un rappel du fait que corrélation ne veut pas dire causalité, et de la difficulté de faire des prévisions d'évolution de maladies à partir de modèles approximatifs et de données imprécises, il présente les chiffres liés à l'épidémie de Covid19 (du printemps 2020) et insiste sur le fait qu'ils sont à utiliser avec précaution : c'est *in fine* toujours au politique, et non au statisticien, de prendre les décisions !

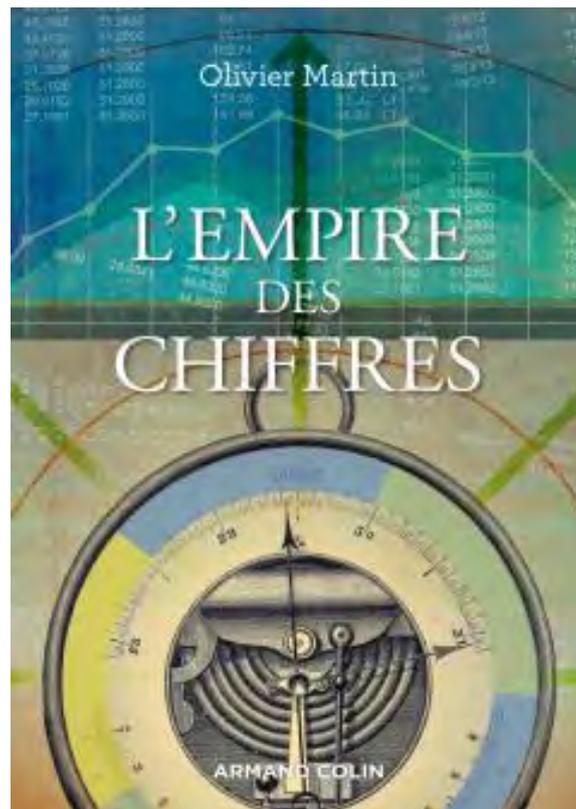
En conclusion, ce livre est un ouvrage de plus sur les méfaits du gouvernement par les nombres, sans apport réellement nouveau, mais c'est un ouvrage grand public, précis, documenté et bien écrit. Il intéressera non seulement le lecteur de *Statistique et Société*, mais au-delà toute personne curieuse de la vie publique : à recommander !

L'empire des chiffres

de Olivier MARTIN (2020)



Camille BEAUREPAIRE¹
Doctorant EHESS



Livre (304 pages)
Auteur : Olivier MARTIN
Édition : Armand Colin – 2020
ISBN : 978-2-200-62571-9

1. Beaurepaire.camille@gmail.com

Olivier Martin propose, dans cet ouvrage très pédagogique, un travail de synthèse sur l'état de la recherche en sociohistoire de la quantification. L'ambition risque sans nul doute de déborder le cadre d'un livre finalement court (304 pages), eu égard à la profusion de travaux existants (songeons que ce champ de recherche aura commencé à être défriché voilà bientôt plus d'un demi-siècle !). Sa concision en fait toutefois une précieuse introduction aux problématiques contemporaines de la sociologie de la quantification, qui servira tant aux étudiant·e·s qu'aux chercheur·e·s désirant un panorama de ces différents travaux.

Les chiffres sont aujourd'hui partout. Voilà le constat sur lequel Olivier Martin ouvre son livre : les chiffres sont devenus si quotidiens qu'ils en ont acquis une force d'évidence, que la sociohistoire de la quantification se donne pour objectif de questionner. Expliquer l'essor historique de la quantification et ses motifs, tout en construisant un cadre théorique général pour en rendre compte : tel sera le fil directeur de l'ouvrage. Car le projet scientifique d'Olivier Martin n'est pas simplement de résumer les travaux du champ de recherche de la sociologie de la quantification, mais plutôt d'en interroger les frontières – en faisant tenir sous le même vocable de « quantification » des chiffres aussi divers que la mesure de la température, le taux de chômage, les notations financières, le rythme du temps, etc. La première partie du livre (chapitres 1 à 7) est alors consacrée à une recension historique et thématique des différentes formes de quantification ; tandis que la seconde (chapitres 8 à 10) s'attache à faire tenir ces différentes formes de quantification dans un cadre théorique transversal.

En rapprochant des formes de quantification qui avaient généralement été traitées par des traditions de recherche différentes (une histoire des mesures de la nature d'une part, une sociologie de la statistique des faits sociaux de l'autre), Olivier Martin reproduit le geste séminal d'Alain Desrosières, qui avait au début des années 1990 réuni dans une même interrogation scientifique l'histoire de la statistique mathématique et celle de la statistique d'État. Aucune des propositions théoriques présentées ci-dessous ne surprendra donc le chercheur habitué aux traditions de recherche suscitées : c'est la démonstration de leur portée générale qui constitue l'un des points forts du travail d'Olivier Martin.

Première proposition théorique : **la quantification est un fait social** (chapitre 8). C'est une activité humaine, qui ne nécessite jamais de supposer une quelconque transcendance du chiffre, ni l'inscription de celui-ci dans l'essence des choses quantifiées. Trois ingrédients sont alors constitutifs de la quantification : étendant la formule d'Alain Desrosières, Olivier Martin postule que quantifier, c'est *pouvoir convenir* puis *mesurer*. La question du pouvoir (souvent politique) est essentielle pour construire une convention (liée à la définition de l'objet quantifié, ou aux instruments de mesure) ou pour mesurer très concrètement le phénomène quantifié.

Plusieurs des travaux historiques cités par l'auteur rendent compte de ces différents éléments de définition. Le rôle crucial du politique dans la quantification est mis en évidence dans le cas du passage au système métrique par la France révolutionnaire (chapitre 2). « *Fixer une unité de mesure naturelle et invariable* » (selon le décret de l'Assemblée nationale du 30 mars 1791) est alors un idéal *politique* visant à la définition d'une nouvelle *convention* d'équivalence, se donnant les moyens de *mesurer* une nouvelle unité (les astronomes Delambre et Méchain sont missionnés pour donner une mesure exacte d'un arc du méridien, à partir duquel déduire la valeur du mètre).

Olivier Martin met en évidence une certaine stabilité dans **les raisons de la quantification** (chapitre 9) : les chiffres sont utilisés pour connaître, certes ; mais également pour trouver l'harmonie (une vision féconde en philosophie politique) ; pour répondre à une quête de justice (lorsqu'il s'agit de répartir équitablement une ressource rare) ; pour se coordonner (en donnant des repères numériques à la collectivité) ; pour établir la confiance (grâce à l'objectivité conférée au chiffre) ; enfin pour exercer le pouvoir (les indicateurs pouvant être utilisés à des fins de

contrôle).

Les travaux d'histoire de la quantification mettent en évidence le caractère finalement récent de l'association entre quantification et activité scientifique (chapitre 5) : ce n'est qu'à partir de la fin du XVIII^e siècle que la mesure systématique devient partie intégrante de la recherche. Des utilisations plus anciennes des chiffres témoignent d'autres raisons de la quantification : la quantification du temps (chapitre 3) témoigne d'une logique de coordination sociale (comme organiser les prières dans les monastères chrétiens médiévaux), mais également de pouvoir (Le Goff analyse comment les « cloches de la ville » concurrencent les cloches de l'église pour rythmer les temps laïcs à la fin du Moyen Age).

Dernière proposition théorique : au-delà des raisons pour lesquelles l'humain quantifie, les chiffres peuvent avoir des **effets propres** inattendus. Quantifier contribue à la construction de notre rapport au réel, selon une logique de performativité (chapitre 10). Premièrement, les agents sociaux utilisent les chiffres comme autant de prises pour orienter leurs actions (les prévisions de température de la journée nous aident à choisir comment nous habiller). Mais le chiffre peut aussi devenir un objectif en lui-même, lorsqu'il est spécifié comme une cible à atteindre (« 80% de réussite au Bac ») ou un seuil à ne pas franchir (« pas plus de 60% de dette publique rapportée au PIB ») : le chiffre perd alors toute valeur scientifique pour n'être qu'un instrument auquel se subordonne l'action, et au sujet duquel on peut en venir à tricher. Enfin, le chiffre peut faire exister des choses qui ne lui préexistaient pas, ou pas sous la forme que le chiffre leur donne (ce qu'Alain Desrosières dénommait la co-construction des modes d'action et de représentation du monde) : difficile de penser aujourd'hui une « opinion publique » autrement que par les sondages d'opinion, ou le « chômage » autrement que par les critères de la statistique publique ; le chiffre peut alors donner lieu à une réification, d'autant plus forte que peuvent être oubliées les conditions du débat ayant présidé à l'adoption de leur convention de quantification.

Les sociologues travaillant sur l'évaluation mettent en évidence de nombreux effets propres de l'évaluation quantifiée (chapitre 7). L'évaluation des politiques ou des services publics, dans le cadre du « nouveau management public », peut tendre à réduire ces derniers à une simple batterie d'indicateurs. La gestion quantifiée de l'hôpital public, analysée par Nicolas Belorgey, montre ainsi comment la focalisation sur certains indicateurs évalués (le temps moyen d'attente aux urgences) peut mener à une dégradation imprévue de la qualité des soins (mesurée *via* une augmentation des taux de retour).

Voilà donc un ouvrage synthétique mais dense, qui n'étudie pas de nouveaux faits empiriques mais cherche à favoriser les échanges scientifiques entre sociologues de la quantification des faits sociaux et historiens de la quantification des phénomènes naturels. La démonstration d'une unité de la problématique de la « quantification », par-delà la multiplicité de ses manifestations, est si convaincante qu'on en viendrait à regretter le choix (assumé) de l'auteur de ne pas traiter de la quantification monétaire. C'est sans doute la vertu de la synthèse : en faisant le point sur l'état des connaissances en sociologie et histoire de la quantification, Olivier Martin rend compte (en négatif) de tous ces territoires, encore trop peu arpentés par les chercheur·e·s, de l'empire des chiffres ; comme autant de pistes ouvertes à la recherche future.

Bibliographie

Belorgey N. (2016), *L'hôpital sous pression : enquête sur le « nouveau management public »*, Paris, La Découverte.

Desrosières A. (2013), *Pour une sociologie historique de la quantification : l'argument statistique I*, Paris, Presses des Mines.

Desrosières A. (2016), *La politique des grands nombres : histoire de la raison statistique*, Paris, La Découverte.

Le Goff J. (1999), *Un autre Moyen Âge*, Paris, Gallimard.