

**Etude prospective :**  
**Les conséquences de la transition numérique sur les  
pratiques de recherche et d'enseignement en  
agronomie, environnement, alimentation et sciences  
vétérinaires**

**Cahier des charges**  
**- pour diffusion -**

*Ont contribué à ce document :*

Marco Barzman, Olivier Mora, Bertrand Schmitt, Philippe Prévost, Geneviève Aubin-Houzelstein, Sandra Arrault, Michaël Chelle

Actualisé : 5 octobre 2017

<b>Contexte et enjeux .....</b>	<b>2</b>
Le domaine Agronomie-Alimentation-Environnement-Santé animale .....	3
L'enjeu des données dans l'économie numérique.....	4
Le partage des données .....	4
Les pratiques et les métiers de la recherche et de l'enseignement.....	5
L'évolution des outils et des infrastructures.....	6
Les relations science-société.....	7
Des questions à préciser et à instruire .....	7
<b>Méthodologie .....</b>	<b>8</b>
<b>Conduite du projet .....</b>	<b>9</b>
<b>Calendrier .....</b>	<b>12</b>
<b>Bibliographie.....</b>	<b>12</b>

## **Le cadre institutionnel du projet**

Cette proposition de cahier des charges résulte de la fusion de deux demandes de prospective portant sur les conséquences de la transition numérique faite à la DEPE :

- L'une, émanant des établissements membres d'Agreenium, était centrée sur les effets de la transition numérique sur l'enseignement et la formation.
- L'autre proposition venant de l'INRA porté par la DRH et le Délégué à la Transition Numérique INRA portait sur les conséquences de la transition numériques sur les processus de recherche.

En mai 2017, le principe de la fusion de ces deux demandes sous forme d'une étude prospective a été acté et la réalisation de l'étude a été confiée à la DEPE. Le sujet en est les conséquences de la transition numérique sur les pratiques de recherche et d'enseignement dans les domaines d'applications pertinents pour l'INRA et les membres d'Agreenium (Agriculture-Alimentation-Environnement-Santé animale).

## **Contexte et enjeux**

La mondialisation, la virtualisation, et l'émergence de la société de l'information engendrent une transformation des organisations, des relations sociales et économiques, du rôle des savoirs et de la puissance de calcul, et des dispositifs d'apprentissage. Ces transformations suscitent à la fois un fort engouement et un fort questionnement qui font émerger des attentes et des débats. Ainsi, la transition numérique est en train d'impacter la recherche et l'enseignement en agronomie, environnement, alimentation et santé animale en générant l'apparition de nouvelles pratiques de recherche et d'enseignement.

D'une part, la transition numérique suscite de nouveaux enjeux en matière d'enseignement : la formation tout au long de la vie, la massification de l'enseignement supérieur via le réseau internet (ex. MOOC), la diffusion numérique d'une culture scientifique et technique auprès du grand public, la relation à un savoir disponible à tout moment mais hétérogène dans sa qualité. D'autre part, la transition numérique fait surgir de nouveaux enjeux dans les pratiques de recherche : transformation de l'environnement et des communautés de recherche ; développement de l'intelligence artificielle, des algorithmes et de la robotique ; nouveaux modes de fabrication, de validation et de diffusion des savoirs (ex. open data) ; rôle de la collecte, du stockage et du traitement des

données numériques (ex. big data) ; nouvelles interactions entre science et société ; changement dans l'organisation du travail ; apparition ou disparition de métiers.

La transition numérique change la relation des citoyens vis-à-vis de la connaissance et transforme les modes d'apprentissage mais aussi les relations marchandes entre les acteurs, notamment via le développement d'une économie des plateformes. Ces évolutions appellent à revisiter la façon dont le monde académique interagit avec le reste de la société, la relation entre enseignement et recherche ainsi que les approches pédagogiques entre enseignants-chercheurs et apprenants.

### **Le domaine Agronomie-Alimentation-Environnement-Santé animale**

La recherche agronomique, alimentaire, environnementale et en santé animale traite le plus souvent de sujets d'études complexes, multidimensionnels et multi-échelles et porte le plus souvent sur des enjeux de long terme. Dans les agrobiosciences, des données et des enquêtes alimentent des modèles et des analyses pour décrire et comprendre le fonctionnement des systèmes naturels, semi-anthropisés ou anthropisés et simuler leur évolution, générant de nouvelles données. L'ensemble du processus de recherche et d'enseignement est affecté par la transition numérique : les problématiques de recherche, e.g. agriculture numérique, les paradigmes scientifiques, e.g. data-driven, l'acquisition de données, le traitement de données, l'exploration et la visualisation des données, la simulation des données et les modèles experts, la diffusion et présentation des résultats, la mise en scène des savoirs, et les processus de transmission des savoirs et de construction des connaissances et des compétences.

La recherche est susceptible d'être fortement impactée par la transition numérique parce qu'elle est productrice de données, qu'elle en manipule une grande quantité, et qu'elle mobilise des simulations et des modèles experts sur un large spectre disciplinaire, spatial (du local au global) et temporel ; mais aussi parce que certains domaines de recherche (ex. nutrition, biodiversité) impliquent des relations étroites avec des citoyens notamment pour la collecte de données. La multiplication annoncée des objets connectés, le développement de capteurs et la mutualisation des données laisse entrevoir de profondes transformations des pratiques de recherche. La transition numérique fait apparaître de nouveaux fronts de science : agriculture numérique, robotisation agro-industrielle, dispositifs de suivi de qualité et traçabilité.

De même pour l'enseignement et la formation, le numérique engendre de nouveaux rapports d'apprentissage. La posture et le rôle de l'enseignant sont modifiés du fait de la disponibilité immédiate des données en ligne. Les MOOC sont aujourd'hui la figure la plus connue, qui jouent à la fois sur la présence et la distance, mais aussi sur la relation enseignant-apprenant et apprenant-apprenant. Le numérique ouvre aussi de nouvelles

possibilités pour élaborer des contenus de formation et des dispositifs apprenants à partir de la recherche (virtualisation des phénomènes à partir des modèles, simulateurs didacticiels...). Par ailleurs, dans le domaine du numérique éducatif, les nouvelles formes d'apprentissages actifs peuvent aussi être productrices de données pour la formation, ouvrant la voie à la personnalisation des apprentissages et donc à une plus grande efficacité pédagogique.

Sous les effets de ces développements, différentes transformations sont à l'œuvre dans la recherche, l'enseignement et la formation auxquels il convient de se préparer.

### **L'enjeu des données dans l'économie numérique**

Les données, leur dimension numérique, et les connaissances qui en sont tirées, sont au centre d'enjeux multiples et constituent les briques de la société de l'information. Elles sont devenues la ressource dont le traitement permet d'extraire en temps réel des informations via des algorithmes et de produire ainsi des connaissances et des services ciblés et à forte valeur ajoutée. Les outils de l'intelligence artificielle sont de plus en plus utilisés pour anticiper des situations, des comportements d'acteurs, et générer une connaissance qui s'actualise de manière autonome. Qualifiées de *big data* en anglais, les mégadonnées se caractérisent par une grande hétérogénéité et par un très grand volume qui requièrent des outils de traitement et d'analyses adaptés. Issues de ce phénomène, les *open data* ou données ouvertes se réfèrent à la mise à disposition et au partage de données publiques détenues sous forme numérique afin de permettre leur libre réutilisation. De nombreux acteurs venant du monde des outils de la communication se positionnent en proposant de nouveaux produits ou services. Ces nouveaux modes de partage des données sont porteurs de transformations et de ruptures majeures touchant tous les secteurs d'activités scientifiques, socioéconomiques et organisationnelles associées.

### **Le partage des données**

Le mouvement des données ouvertes rend librement accessibles les données de la recherche, le plus souvent numériques, et ouvre ainsi de nouvelles opportunités de partage de ces données entre laboratoires et avec le public. Sous réserve d'interopérabilité, ce mouvement permet également des rapprochements de données provenant de champs disciplinaires différents sur un même objet de recherche et offre ainsi de nouvelles opportunités particulièrement intéressantes pour la recherche agronomique, alimentaire, environnementale et en santé animale, nécessairement interdisciplinaire.

Émerge également la possibilité de mobiliser pour la recherche une masse de données acquises à l'origine pour d'autres finalités par des services publics, des entreprises, des associations, voire des citoyens. Sous certaines conditions (homogénéité,

représentativité etc.), ces données commerciales, administratives, personnelles, de capteurs ou de comportements peuvent compléter les données de la recherche et permettre ainsi de nouveaux croisements jusqu'ici inaccessibles. On peut par exemple croiser des données environnementales et médicales. Ces nouvelles opportunités sont créatrices de valeur et leur modèle économique reste à inventer.

Le partage des données a bien entendu une dimension supranationale vouée à se développer (FAIR data). La directive européenne INSPIRE, portée par la DG Environnement se situe dans cette mouvance. Elle vise à établir en Europe une infrastructure de données géographiques pour assurer l'interopérabilité entre bases de données et faciliter la diffusion, la disponibilité, l'utilisation et la réutilisation de l'information géographique en Europe (<http://cnig.gouv.fr>).

Cette nouvelle disponibilité des données et des connaissances impacte aussi l'enseignement qui change de nature. Les étudiants ont par exemple accès à tous les savoirs scientifiques en temps réel sur internet, y compris pendant les cours. Et la diffusion, aussi bien que la production de connaissances, est mise en compétition entre les différentes sources d'enseignement dans le pays, entre pays et entre continents (exploitation des rentes de réputation).

### **Les pratiques et les métiers de la recherche et de l'enseignement**

L'ensemble des processus de recherche se trouve impacté par la transition numérique : de la définition de la problématique de recherche et de la démarche de recherche (démarche inductive basée sur la donnée vs. hypothético-déductive) jusqu'à la transmission des savoirs et des savoir-faire, en passant par la collecte, le stockage et la pérennisation de l'information, le processus expérimental et la modélisation, les modes de publication et de diffusion de l'information scientifique, ou l'implication des non chercheurs dans des démarches de sciences participatives. La question de la *data visualisation* et du *data mining* apparaissent comme des éléments importants de l'exploration des données qui précède la formulation d'hypothèses et le test de ses hypothèses. Le statut de la connaissance est aussi interrogé par les outils statistiques d'analyse des données. En détectant des régularités statistiques dans les séries de données, ils pourraient générer des capacités prédictives en dehors de toute connaissance des causalités à l'origine des phénomènes observés.

Le travail et l'environnement de travail du chercheur sont impactés par le numérique en ce qui concerne l'organisation du travail (nomadisme et nouveaux espaces de travail, gestion de projets, ...) et des communautés de recherche (partenariats, travail en mode projet et en réseaux de compétences, utilisation des outils collaboratifs numériques), la

formation digitale, la diffusion et la valorisation des savoirs, et la relation entre recherche et innovation ou entre recherche et aide à la décision.

La spécificité des outils et des approches pour l'analyse, le traitement et l'exploitation des mégadonnées appelle à de nouveaux métiers (statisticiens, *data scientist*, data managers) autour de la science et de la gestion des données. Le temps consacré aujourd'hui à l'acquisition proprement dite des données pourra par exemple se réduire au profit du temps dévolu à la validation, gestion, traitement et interprétation de ces données. Et ces changements conduiront certainement à également modifier les pratiques de la recherche au-delà des métiers exclusivement centrés sur les données. La poursuite du développement des capacités et de la rapidité de calcul avec l'arrivée de l'informatique quantique et le développement des outils de fouille et de structuration des données offriront de nouvelles opportunités aux chercheurs dans de nombreuses disciplines. Les progrès de l'intelligence artificielle questionnent la place et le rôle de l'expert face aux traitements automatiques (algorithmes, intelligence artificielle). Ils peuvent profondément modifier la relation et la nature de la production de connaissances, et les relations science-société.

Les pratiques d'enseignement sont en forte évolution face au numérique, notamment du fait de l'accès des étudiants à tous les savoirs scientifiques en temps réel sur internet. Les compétences et l'agilité numérique des publics apprenants des générations Y et Z, et les progrès des technologies éducatives numériques encouragent le développement de pédagogies actives et personnalisées. Les enseignants doivent ainsi construire et organiser différemment leur enseignement car les compétences à viser évoluent vers plus de capacités d'analyse de l'information, de synthèse et de structuration de la pensée, et la pédagogie doit contrecarrer la propension des apprenants à « zapper » rapidement d'une information à une autre. De nouvelles méthodes pédagogiques prennent de l'ampleur. La pédagogie de projet se substitue à une part d'enseignement magistral. La co-formation avec des apprentissages médiatisés par l'ordinateur, des apprentissages collaboratifs avec les pairs, ou des apprentissages par tutorat avec l'enseignant se substitue à une part d'hétéroformation où la transmission se fait du maître à l'élève.

La rapidité des évolutions numériques entretient le développement de la formation continue : les outils que l'étudiant s'est approprié pendant sa formation initiale seront très vite obsolètes, rendant incontournable le développement de formations tout au long de la vie dédiées au numérique.

### **L'évolution des outils et des infrastructures**

La pérennité, l'organisation et le financement des infrastructures de production, de collecte et de conservation des données de recherche posent déjà de nombreuses

questions en terme d'investissement, de stabilité de l'accès pour les différents usagers, ou de localisation (cloud). Le coût des infrastructures nécessaires nécessite la mutualisation de ces outils à l'échelle nationale et supra nationale. Se pose alors la question de la géopolitique des données.

### **Les relations science-société**

Les citoyens deviennent de plus en plus des acteurs de la recherche sur de nombreux sujets notamment environnementaux ou de santé. Ils participent davantage à des actions de veille citoyenne, d'alerte, de partage de données d'observation ou d'expression d'opinions sur les différents sujets d'actualité. L'implication de plus en plus forte des citoyens, y compris dans la prise de décision, est une tendance lourde. Le développement du numérique et de réseaux dits « sociaux » pouvant en outre transformer fortement les processus de publication et de validation des résultats par les pairs, la nature même d'un résultat scientifique peut en être modifiée. La disponibilité des données de la recherche à un public élargi bouleverse les relations sciences-société. Pour la recherche agronomique, alimentaire, environnementale et en santé animale, l'implication des citoyens ou des producteurs peut revêtir plusieurs formes en particulier dans des processus ouverts de production de connaissances (*citizen science*), de collecte et traitement de données ou encore de participation à l'effort de recherche à travers notamment le « *crowd-sourcing* ». Ce mouvement contribue à renouveler les relations sciences-société avec des rapports de confiance entre citoyens, milieux économiques et scientifiques à (re)construire grâce à une plus forte transparence des données, tout en interrogeant le rôle spécifique des chercheurs « professionnels ».

Les citoyens sont également de plus en plus investis dans des réseaux de partage du savoir, où de nouvelles connaissances et de nouvelles compétences sont acquises en dehors du système d'éducation formel (école, université). Le risque existe que le système d'enseignement public soit mis en concurrence avec des systèmes d'enseignement privé qui seraient plus agiles et plus performants.

Ces tendances entraînent une remise en cause de la légitimité et de la responsabilité de l'expert. La production de données et de connaissances scientifiques n'est plus l'apanage des chercheurs, les données produites par les citoyens enrichissent les résultats de la recherche mais aussi perturbent le rôle de l'expert. Ce n'est plus le seul chercheur qui est en capacité d'interpréter les données et de diffuser des interprétations, qui ne sont pas toujours validées scientifiquement.

### **Des questions à préciser et à instruire**

Donc, si la transition numérique s'accompagne de nombreuses opportunités pour la recherche et l'enseignement en agronomie, alimentation, environnement et santé

animale, elle occasionne aussi des questions qui seront au cœur de cette étude. Leur identification et formulation précise feront partie du travail à venir. Les questions abordées lors des discussions préliminaires concernent :

- Le rôle du numérique dans l'orientation des priorités de recherche
- Les données : production, conservation, partage, transformation, qualification et validation, usages, et l'organisation et les infrastructures associées
- La place du paradigme scientifique hypothético-déductif
- L'économie des plateformes
- Les technologies numériques et leurs usages dans la recherche et l'enseignement
- Les équilibres entre disciplines
- Des changements organisationnels
- La publication, le rayonnement scientifique
- Les connaissances et les compétences
- La transmission des savoirs et des savoir-faire
- La place et la transformation de la formation continue
- La relation enseignant-apprenant
- La relation chercheur-non chercheur
- La relation enseignant-chercheur

## Méthodologie

Pour l'INRA et les organismes de recherche et d'enseignement supérieur agronomique d'Agreenium, cette prospective vise à anticiper les évolutions engendrées par la transition numérique sur la recherche et l'enseignement.

Les nombreuses incertitudes et le large éventail des développements possibles autour des questions de la transition numérique justifient le recours à la méthode des scénarios et de conduire une prospective à caractère exploratoire. Il s'agit d'identifier les enjeux, risques et opportunités des évolutions à venir à travers l'élaboration des représentations contrastées d'un large éventail de futurs possibles. Les scénarios sont destinés à aider les acteurs à anticiper les évolutions à venir, et donc à faciliter les choix aujourd'hui. Les enseignements tirés de ces scénarios qui aideront les différents acteurs à se positionner et à anticiper les évolutions, seront mobilisés, dans un second temps, pour la réflexion stratégique du Délégué à la transition numérique, des services de la DRH, et par Agreenium. Cependant, le travail de prospective s'arrêtera en amont de cette élaboration stratégique à la construction des scénarios.

## **La méthode de prospective**

L'étude prospective s'appuiera sur la démarche dite « méthode des scénarios » ou « analyse morphologique » (de Jouvenel 2004). Cette méthode permet d'explorer les futurs possibles en prenant en compte la complexité du système, les interrelations entre les différents facteurs, et des situations de forte incertitude. La construction des scénarios se réalise à travers la combinaisons d'hypothèses d'évolution des éléments déterminants pour l'avenir du système étudié, et se traduit dans la fabrication de récits où les chaînes de causalité sont explicitées. Le but des scénarios est de contribuer au débat et aux questionnements sur les évolutions en cours. A travers une série d'étapes décrites ci-dessous, la démarche de prospective aboutit à la construction de scénarios exploratoires répondant aux critères de pertinence, cohérence, plausibilité, transparence et contraste.

### **Les étapes principales sont :**

- Redéfinition et accord sur les objectifs, les enjeux, le périmètre thématique et institutionnel et l'horizon temporel de l'étude.
- Définition du système et identification des composantes formant le système
- Analyse rétrospective des composantes du système, fabrication d'une base de connaissance sur les tendances passées
- Elaboration des hypothèses d'évolution des composantes
- Construction des scénarios par combinaison des hypothèses et élaboration d'un récit présentant une image du scénario
- Fabrication des livrables (rapports, résumés)
- Communication publique et mise en débat des scénarios

Cette étude a l'originalité de couvrir deux domaines d'actions en forte interaction – la recherche et l'enseignement-formation. De ce point de vue, la méthode de base sera adaptée pour produire un socle commun aux deux domaines – probablement un ensemble de variables, des analyses rétrospectives et des hypothèses d'évolution – mais des produits finaux distincts pour chacun des domaines.

## **Conduite du projet**

La conduite de l'étude prospective est confiée à la DEPE (Délégation à l'expertise, à la prospective et aux études) de l'INRA. La DEPE s'attache à définir de façon appropriée et à mettre en accord l'organisation de la prospective, son agenda et ses ressources. Deux principaux éléments apparaissent particulièrement importants dans la conduite du projet : la constitution du groupe de travail et celle de l'équipe projet.

## **La comitologie**

**L'équipe-projet** mène et organise les travaux en articulation avec le groupe de travail. L'équipe projet a pour mission de réaliser la synthèse des connaissances disponibles (revue de la littérature, auditions, etc.), de préparer les réunions du groupe de travail (rédaction des dossiers et comptes rendus de réunion), de les animer et de rédiger et de coordonner des livrables. Elle se charge également de la logistique des réunions, de l'organisation de la phase de restitution publique. L'équipe projet doit donc regrouper des compétences diversifiées sur le fond (prospective, études du numérique, sciences de l'éducation), des compétences d'animation et de méthodologie prospective, ainsi que des compétences rédactionnelles.

Les membres de cette équipe sont :

- Marco Barzman, chef de projet (DEPE-INRA)
- Geneviève Aubin-Houzelstein (DRH-INRA)
- Caroline Martin (Agreenium)
- Alain Bénard (missionné DTN-INRA)
- Olivier Mora (DEPE-INRA)
- Un CDD

**Le groupe de travail** porte avec l'appui de l'équipe projet la construction des scénarios. Il est composé d'un ensemble pluridisciplinaire de chercheurs et d'enseignants qui couvre les diverses facettes de la problématique. Ses membres doivent participer à l'exercice *intuitu personae*. Il rassemble entre 15 et 20 experts qui auront à se réunir 6 à 7 fois à raison d'une réunion tous les 2 mois. Au cours des 6 à 7 ateliers, ils définissent collectivement le système, les composantes et variables, et élaborent les hypothèses d'évolution puis les scénarios.

Les participants au groupe de travail ne sont pas encore identifiés. Les profils généraux identifiés incluent : des chercheurs et des enseignants sur les domaines agriculture-environnement-alimentation-santé animale, des chercheurs travaillant dans les sciences du numérique hors de ce domaine (ex. sciences biomédicales) ; des partenaires européens ou internationaux. Plus spécifiquement les profils recherchés incluent :

- Chercheur non data-scientist, Agronomie-etc., concerné par la transition numérique et usagers de big data dans leur discipline
- Enseignant-chercheur, enseignant ou formateur dans les domaines Agronomie-etc., concerné par la transition numérique, non data-scientist
- Chercheur en data-science ou sur les aspects techniques de la transition numérique
- Chercheur SHS sur le numérique et organisations, pratiques de la recherche, de l'enseignement et de la formation

- Chercheur hors Agronomie-etc., à la pointe de nouvelles utilisations du numériques
- Non-chercheur utilisateur du numérique en collaboration avec monde de la recherche
- Non-chercheur porteur d'enjeu avec lien à la recherche
- Non-chercheur, gouvernement ou collectivité territoriale avec relation recherche, enseignement ou formation, concerné par la transition numérique
- Entrepreneur avec relation recherche, enseignement ou formation, concerné par la transition numérique.
- Chercheur hors France concerné par la transition numérique.
- Juriste ou spécialiste des normes (aspects éthiques ou légaux ou normes).

Les activités du groupe de travail pourront être enrichies par des visites ou des auditions ponctuelles apportant un éclairage supplémentaire sur la problématique et ces évolutions. A la rédaction de ce cahier des charges, des personnes du CNAM, Université numérique des sciences de la santé, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Université Laval, MIT, Harvard, USDA, CSIRO, Wageningen, INRIA, Sorbonne, et Collège de France ont été proposées.

**Le comité de suivi** est constitué par les représentants des institutions commanditaires de l'étude. Il a en charge le suivi institutionnel de l'étude (délais, orientation, validation des livrables). Il se réunit 1 à 2 fois par an. Les participants à ce groupe sont :

- Pour Agreenium : Philippe Prévost ; Luc Mounier (Vetagro Sup) ; Nicolas De Menthière (IRSTEA) ; Christophe Cudennec (Agrocampus Ouest) ;
- Pour l'INRA : Michaël Chelle, DTN ; Cécile Tournu et Sandra Arrault, DRH ; Bertrand Schmitt, Délégué DEPE ; 1 représentant du Collège de Direction.

## **Livrables**

Les livrables envisagés sont les suivants :

- Rapport complet comprenant : résumé exécutif ; méthode ; le système enseignement-recherche et ses composantes, l'analyse rétrospective et prospective des composantes, et les scénarios, leurs implications pour la recherche et l'enseignement.
- Synthèse en 8 pages ciblant les questions pour la recherche
- Synthèse en 8 pages ciblant les questions pour l'enseignement et la formation
- Colloque de restitution

Les livrables de la prospective ne comprennent pas de recommandations opérationnelles. Ils sont constitués d'un état des lieux et des enjeux, d'une analyse des facteurs moteurs d'évolution, et des récits de scénarios.

Par ailleurs, les participants pourront produire à leur initiative des publications permettant de valoriser tout ou partie des produits de cette prospective sous respect des droits de propriété intellectuelle des auteurs.

## Calendrier

L'étude se déroulera en 18 mois selon les modalités habituelles d'une étude prospective à la DEPE.

Les grandes étapes identifiées à ce jour sont :

- 1<sup>er</sup> atelier du groupe de travail : janvier 2018
- Finalisation des scénarios : mai 2019
- Finalisation du rapport et restitution : juin 2019.

## Bibliographie

Bitard P., Lesourne J., Roucairol G. 2017. Série « Révolution numérique » - Conséquences sur les acteurs du système français de recherche et d'innovation. ANRT (Association Nationale de la Recherche et de la Technologie.) Les Cahiers Futuris, mai 2017.

Busch L. 2016. Looking in the wrong (La)place ? The promise and perils of becoming big data. Science, Technology and Human Values 42, 1-22.

CGAAER. 2015. Etat des lieux du numérique dans l'enseignement supérieur agronomique, vétérinaire et paysager. (établi par P. Garo, M. Penel, R. Renoult, R. Tessier, N. Petit). Rapport n°14042.

de Jouvenel H. 2004. La démarche prospective - Un bref guide méthodologique. Les Docs d'Aleph – N°7.

Kelling S, Hochachka WM, Fink D, Riedewald M, Caruana R, Ballard G, Hooker G. 2009. Data-intensive science: A new paradigm for biodiversity studies. BioScience 59: 613–620.

de Menthière N., Lacroix D., Schmitt B. 2017. Des « Mégadonnées » environnementales librement accessibles : quelles conséquences pour la recherche en environnement et ses liens avec la société ? Note de proposition pour le GT Prospective d'AllEnvi.

PROSPER. 2015. Etude prospective sur le métier de chercheur. <http://bit.ly/2tpv8fv>