



HAL
open science

Quels défis pour l'agriculture ?

Benoît Dedieu, Emmanuel Prados

► To cite this version:

Benoît Dedieu, Emmanuel Prados. Quels défis pour l'agriculture ?. Agriculture et numérique : Tirer le meilleur du numérique pour contribuer à la transition vers des agricultures et des systèmes alimentaires durables, 6, INRIA, pp.22-31, 2022, Livre blanc INRIA. hal-03609391v1

HAL Id: hal-03609391

<https://hal.inrae.fr/hal-03609391v1>

Submitted on 15 Mar 2022 (v1), last revised 13 May 2022 (v2)

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

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



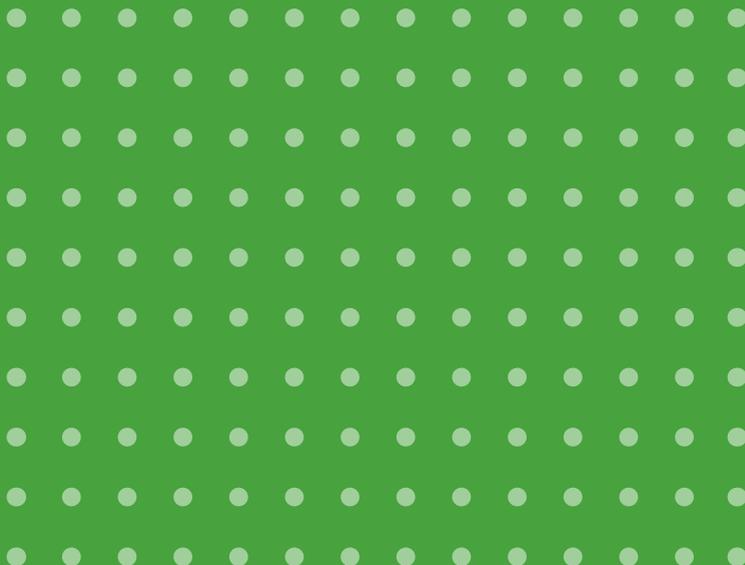
Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License



Quels défis pour l'agriculture ?

Auteurs – Benoît Dedieu, Emmanuel Prados.

*Remerciements (contribution, relecture, édition) – Véronique Bellon-Maurel,
Ludovic Brossard, Frédéric Garcia, Nathalie Mitton, Alexandre Termier.*



L'agriculture est d'ores et déjà confrontée à de nombreux défis. Ils concernent la sécurité alimentaire, les impacts environnementaux de l'agriculture et les modes d'organisation des filières. Le numérique peut-il aider à construire un futur désirable pour répondre à ces enjeux ?

2.1 La sécurité alimentaire mondiale sous tension

La population mondiale a actuellement un taux de croissance annuel de 1,1 % et atteindrait autour de 9,5 milliards de personnes en 2050 selon le scénario médian de l'ONU. Cette croissance de la population génère une augmentation très importante de la demande alimentaire mondiale qui est aussi accélérée par le développement rapide et le changement de régime alimentaire de la Chine (Bai et al., 2020). Le système agroalimentaire mondial est de plus en plus sous contraintes, d'autant plus qu'il repose sur nombre de ressources non renouvelables, de plus en plus rares ou de plus en plus dégradées (eau douce, phosphore, pétrole, sols cultivables...). Ce système va subir de plein fouet et rapidement le changement climatique de par ses effets directs (phénomènes climatologiques extrêmes, sécheresses, etc.) comme indirects (fonte des glaciers, prolifération et propagation d'espèces et organismes nuisibles, de maladies, montée du niveau de la mer) (GIEC, 2014 ; UNESCO, 2019). Il est aussi menacé par l'effondrement de la biodiversité actuellement en cours sur les semences, pollinisateurs, auxiliaires des cultures..., qui met en danger de nombreux services écosystémiques nécessaires à son bon fonctionnement (FAO, 2019a). Les conflits d'usage sur les produits, la terre et l'eau vont également s'amplifier avec par exemple la valorisation énergétique de la biomasse et la mise en place de programmes d'afforestation/reforestation pour la capture de CO₂ (techniques dites « d'émissions négatives » désormais indispensables dans tous les scénarios du GIEC limitant l'augmentation de température à 2°C). De plus, pour un certain nombre de céréales critiques¹⁵ pour la sécurité alimentaire, les rendements agricoles semblent avoir atteint leurs limites dans les pays développés¹⁶. Enfin, le système agroalimentaire actuel est peu résilient. Il dépend par exemple de ressources globalisées mal réparties sur le globe (phosphore, pétrole, etc.) et de tout un ensemble de systèmes exogènes potentiellement fragiles tels que les systèmes de transport et de logistique à flux tendu, les marchés mondiaux et la finance (spéculation, volatilité des prix...),

15. i.e. qui constituent la base des régimes alimentaire.

16. Voir par exemple les analyses de l'académie d'agriculture de France sur l'évolution du rendement moyen annuel [du blé France entière de 1815 à 2018](#) et sur celle [du maïs de 1960 à 2017](#).

les flux de travailleurs saisonniers migrants. La crise sanitaire de la Covid-19 a mis en évidence quelques-unes de ces fragilités¹⁷.

La tension grandissante entre offre et demande nous amène à un risque de pénurie alimentaire à moyen terme à l'échelle mondiale et à de nombreuses conséquences géopolitiques (Brown, 2012). Les dernières statistiques de la FAO montrent que la faim progresse de nouveau (FAO, 2017). Il existe cependant des leviers et des marges de manœuvre potentiellement très importants comme par exemple des changements de régime alimentaire dans les pays développés, la réduction drastique des pertes et gaspillages (FAO, 2019b), les capacités de recyclage et de valorisation des sous-produits et coproduits, l'amélioration des techniques de production ainsi que les modes d'organisation du système agro-alimentaire de façon à augmenter sa résilience et ses capacités d'adaptation. Ces leviers sont probablement à notre portée, mais il est crucial d'avancer très vite sur ces questions.

Parallèlement à ces enjeux de sécurité alimentaire, l'OMS observe que 13 % des adultes dans le monde sont obèses. Cette autre face de la malnutrition et le développement de maladies chroniques afférentes (cancer, diabète, accidents cardiovasculaires) sont d'autres points de critiques du système agroalimentaire, notamment *via* la fabrication d'aliments ultratransformés et bien souvent très riches en sucres. Il en est de même pour l'utilisation des antibiotiques comme facteurs de croissance dans certains modèles d'élevage. Ces questions de santé liées à l'alimentation sont de plus en plus présentes (cf. en France les États généraux de l'alimentation et la loi Égalim¹⁸ en 2017-2018). Elles conduisent à la recherche d'une alimentation saine et durable, accessible à tous, plutôt de proximité, agro-écologique et avec des processus de transformation réduits ("*minimal processing*").

17. Voir par exemple le communiqué de presse du Cirad du 29/04/2020 (<https://www.cirad.fr/actualites/toutes-les-actualites/communiques-de-presse/2020/pandemie-coronavirus-menace-agriculture-alimentation>) et l'analyse de l'association les Greniers d'Abondance du 16/04/2020 (<https://resiliencealimentaire.org/covid-19-qui-veille-au-grain-pour-demain-lanalyse>).

18. Voir le numéro 1566 (2017) du magazine Alim'agri du ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation qui résume les différents chantiers <https://agriculture.gouv.fr/alimagri-les-etats-generaux-de-lalimentation>. La loi Égalim (agriculture et alimentation), qui fait suite à ces travaux a été promulguée en 2018.

2.2 De l'urgence de réduire les impacts environnementaux négatifs de l'agriculture

Le système productif agricole basé sur une agriculture intensive a une responsabilité majeure dans l'effondrement en cours de la biodiversité (*Sánchez-Bayo et Wyckhuys, 2019*)¹⁹, la dégradation de la fertilité des sols et celle de la qualité de l'eau (*Caquet et al., 2020*). Il est urgent de réduire de manière drastique l'usage des produits phytosanitaires et des fertilisants minéraux, et plus généralement de réconcilier l'agriculture et l'environnement. Enfin, il s'agit de repenser nos interactions avec les écosystèmes dits « naturels », la faune sauvage, les réserves de biodiversité forestière et pastorale, « naturel » ne voulant pas dire en dehors de toute intervention et activité humaine. Améliorer le bien-être des animaux de rente est tout aussi essentiel : il s'agit de considérer les animaux comme des sujets, à la fois sensibles, dotés de conscience, coopérant avec l'éleveur, et non plus seulement comme des objets dotés d'un fonctionnement biologique et ainsi de concevoir des systèmes d'élevage respectueux des animaux, leur prodiguant une bonne vie et une mort acceptable (*Porcher, 2011*).

La circulation des zoonoses (la Covid-19 et d'autres zoonoses récentes telles que H1N1) nous rappelle la porosité entre le monde animal – sauvage et domestique – et le monde des humains du point de vue de certaines maladies. De fait, d'après l'OIE (organisation internationale de la santé animale) plus de 60 % des maladies infectieuses humaines sont zoonotiques et ce chiffre augmente si l'on s'intéresse aux maladies infectieuses émergentes (70 %)²⁰. Plus généralement, les interactions entre les santés animale, humaine et celle des écosystèmes conduisent désormais à penser « une seule santé » (*Gibbs, 2014 ; Zinsstag et al., 2015*).

Enfin, l'agriculture est le troisième poste d'émissions de gaz à effet de serre (GES) de la France (19 % du total national en 2018) (*CITEPA, 2018*). Les engins agricoles et sylvicoles ne représentent que 12 % de ces émissions quand l'élevage en représente 48 % (principalement *via* les émissions de méthane) et les cultures 40 % (principalement *via* l'émission de protoxyde d'azote lors de la fertilisation des sols). Les émissions agricoles ont diminué de 8 % entre 1990 et 2018 (les émissions nationales de GES ont augmenté dans le même temps de 6 %). Il faudra donc découpler les transformations et efforts pour être compatibles avec la stratégie

19. En trente ans, près de 80 % des insectes ont disparu en Europe.

20. Voir <https://www.oie.int/fr/pour-les-medias/une-seule-sante/>

nationale bas carbone²¹ de la France et ses engagements dans les *accords de Paris*. Dans ce contexte, les cultures, les forêts et les espaces de prairies et de parcours pourraient nous être de grand secours car ils jouent un rôle important dans le stockage du carbone²². Le projet « 4 pour 1 000 » engagé par INRAE vise par exemple à augmenter chaque année de 0,4 % le stockage de carbone dans tous les sols agricoles du monde (soit l'équivalent à l'échelle mondiale des émissions annuelles de CO₂ liées aux activités humaines)²³, en développant des pratiques culturales comme les cultures intermédiaires, l'agroforesterie intraparcellaire et les prairies temporaires dans les rotations culturales.

2.3 Des dynamiques agricoles qui ont favorisé intensification et spécialisation

L'activité agricole est partie prenante de filières où se construisent, se verrouillent, mais aussi se transforment et s'inventent des modèles de production agricole et de transformation. Le modèle agroalimentaire impose à tous les maillons de la chaîne des impératifs de compétitivité et de sécurité sanitaire coûteux liés aux *process* et à la mobilité des produits. Ces filières s'insèrent dans des régimes sociotechniques²⁴ dont la première logique est celle de la compétitivité par les prix (le plus bas possible). Cette logique est permise par l'accroissement de la productivité globale du travail avec la substitution de ce facteur par du capital (sous la forme de machines de plus en plus performantes et de bâtiments automatisés et à l'ambiance contrôlée) et par une mise en concurrence de la main d'œuvre ; elle est exacerbée par la mondialisation. Le fonctionnement de ce système repose de fait sur des usages intensifs de toujours plus de technologies de plus en plus sophistiquées et dont les usagers ont tendance à devenir progressivement dépendants (machines agricoles, biotechnologies, pesticides, etc.). Ceci mène entre autres à la diminution régulière

21. La stratégie SNBC 2018-2019 vise une réduction de 18 % des émissions du secteur agricole en 2030 par rapport à 2015 et de 46 % à l'horizon 2050. Elle vise une réduction globale de 40 % des émissions de gaz à effet de serre en 2030 (par rapport à 1990) et la neutralité carbone, soit zéro émission nette à l'horizon 2050.

22. Par exemple, les forêts stockent l'équivalent de 15 % des émissions de GES nationales d'après l'ONF.

23. L'initiative « 4 % sur les sols pour la sécurité alimentaire et le climat », lancée par la France à l'occasion de la Conférence de Paris sur le climat (COP-21), propose d'augmenter chaque année de 0,4 % le stock de carbone présent dans tous les sols du monde. Ce chiffre résulte d'un calcul initial simple, considérant que l'ensemble des émissions annuelles de CO₂ dues aux activités humaines représente actuellement, au niveau mondial, l'équivalent de 0,4 % du stock de carbone (C) des sols de la planète (environ 2 400 gigatonnes de C). Un stockage annuel de 4 pour 1 000 (4 % ou 0,4 %) sur toute la profondeur du sol compenserait alors l'ensemble de ces émissions.

24. Au sens de Geels (2002) et du cadre de la « multi level perspective » : un régime est un réseau tissé entre différents acteurs économiques et sociaux autour d'un produit, d'un service ou dans notre cas d'un modèle agricole. Les acteurs privés et coopératifs des filières en sont partie prenante, mais l'enseignement, la recherche, le système de conseil aux agriculteurs, les politiques publiques nationales ou européennes etc. peuvent renforcer le régime volontairement ou non.

des emplois agricoles dans tous les pays de l'OCDE dont la France²⁵ et à la spécialisation d'un nombre croissant d'exploitations dans un unique secteur productif. Des fermes individuelles aux consommateurs en passant par la PAC (Politique Agricole Commune), les centrales d'achat et les multinationales oligopolistiques, l'organisation de ce système est animée par des tensions et des rapports de forces déséquilibrés entre des acteurs ayant des intérêts divers, parfois divergents, favorisant les verrouillages. L'activité agricole s'insère par ailleurs dans des territoires dont beaucoup se sont spécialisés, entraînant par exemple la dissociation spatiale des productions animales et végétales et la concentration géographique des filières. Tout cet ensemble forme un système d'une grande complexité, caractérisé par la spécialisation et l'interdépendance de ses éléments à différentes échelles, qui a un coût très important en termes de ressources consommées. Cela amplifie les instabilités et multiplie les risques de défaillances. Cela constitue enfin un frein considérable aux changements.

2.4 Quels modèles agricoles pour demain ?

Le débat sur les modèles agricoles qui seraient susceptibles de répondre au mieux aux défis est largement ouvert, notamment depuis que l'agriculture biologique prend de l'ampleur en France (elle représente désormais 8 % des surfaces) et avec la promotion de l'agroécologie. Ces débats dépassent le cadre national et ils ont acquis une consistance internationale. En 2016, le HLPE (*High Level Panel of Experts*) de la FAO proposait de traiter de l'avenir de l'agriculture (élevage inclus) avec deux modèles types : celui de l'intensification durable et celui de l'agroécologie (HLPE, 2016). Le premier se situe dans le prolongement des tendances actuelles d'amélioration de l'efficacité des processus et d'insertion dans des logiques de filières longues. Il s'appuie sur les connaissances scientifiques les plus pointues et sur les avancées technologiques permises par l'agriculture et l'élevage de précision ainsi que la génomique. Le second modèle type promeut une agriculture fondée sur des fonctionnements naturels et une inclusion dans des systèmes alimentaires de proximité et souverains. Il privilégie la diversité sous toutes ses formes (biodiversité, diversité et intégration des activités agricoles et d'élevage), les apprentissages entre pairs et la recherche de cohérences de systèmes tournés vers l'autonomie vis-à-vis des intrants et l'économie de charges. L'agriculture biologique en est une déclinaison (voir encadré Métaprogramme Métabio d'INRAE). Ce modèle est de plus en plus soutenu par le monde associatif et les collectivités locales qui développent des projets alimentaires territoriaux

25. Dans certaines régions du monde, et en premier lieu en Afrique, les dynamiques démographiques et le peu de perspectives offertes par les secteurs de l'industrie et des services requièrent d'intégrer dans les défis pour l'agriculture la création d'emplois en milieu rural et périurbain. Ceci concerne aussi certains territoires d'arrière-pays en France.

et qui sont fortement déterminés à promouvoir des filières courtes. Des modélisations plus fines ont aussi été proposées ; en particulier *Therond et al.* (2017) distinguent huit modèles agricoles positionnés sur deux axes : dépendance aux intrants *versus* la mise en œuvre des services écosystémiques ; ancrage territorial des produits alimentaires *versus* filières longues.

Par exemple...

Le métaprogramme « **INRAE METABIO** » lancé en 2019 et dédié au « Changement d'échelle de l'agriculture biologique » propose d'explorer l'hypothèse où l'offre nationale de produits issus de l'agriculture biologique deviendrait majoritaire, dans un contexte de forte demande et de transition agroécologique. Les enjeux, les leviers et les conséquences du changement d'échelle de l'agriculture biologique sur l'ensemble du système agroalimentaire sont étudiés. L'objectif est d'élaborer des propositions scientifiquement étayées pour anticiper les conséquences et accompagner le déploiement des systèmes agralimentaires AB.

Un deuxième type de débat sur les modèles tourne autour des caractéristiques structurelles des exploitations qui pourraient relever les défis énoncés plus haut. L'agriculture familiale se distingue alors de modèles plus capitalistiques, dont l'agriculture de firme décrite par *Gasselin et al.* (2015) ainsi qu'*Hervieu et Purseigle* (2013). Dans le premier cas, le capital et le travail sont aux mains de la famille alors que dans le second, le capital est détenu par des acteurs non agricoles et tous les travailleurs sont des salariés. Ce dernier préfigure une agriculture des *mégafermes*²⁶ qui fonde sa cohérence sur le très haut niveau de productivité du travail, rendu accessible par de très grandes dimensions, et par une mécanisation et, de plus en plus, une automatisation adaptée.

Il y a des croisements entre ces deux typologies de modèles car l'agroécologie est plutôt familiale quand l'intensification durable est plutôt capitaliste. Mais la diversité des systèmes ne saurait se résumer à ces archétypes. Les situations hybrides d'une agriculture dite « du milieu » sont par ailleurs légion. Enfin, leur confrontation dans le débat sociétal ou professionnel n'exclut pas les formes de coexistence dans les territoires, qui peut être spatiale, autour du travail (des échanges), et dans l'approvisionnement alimentaire des villes. Quel que soit le modèle, les actifs agricoles veulent des revenus corrects et un travail décent (*Ghai*,

26. La plus grande ferme du monde est localisée en Chine avec approximativement 40 000 vaches laitières, une plus grande (100 000 vaches) est en construction... Bien au-delà de notre très controversée ferme de 1 000 vaches !

2003), c'est à dire qui préserve la santé, la protection sociale et la capacité des personnes à peser sur leur devenir. Ils veulent aussi un travail qui ait du sens, de l'utilité et de la beauté et qui préserve les relations avec les autres.

2.5 L'inscription territoriale de l'agriculture

L'inscription territoriale de l'agriculture est un autre élément qu'il faut positionner dans ce débat sur les modèles agricoles. La question de l'inscription territoriale des modèles s'articule autour de plusieurs nécessités : celle du développement économique et social de ces territoires, celle de l'augmentation de leur résilience, celle de leur qualité environnementale et celle des opportunités d'intégration des activités favorisant la valorisation locale des sous-produits. En quoi les modèles agricoles permettent-ils de réduire les flux de matières et d'énergie ? Quelles sont les bonnes échelles de relocalisation et de rediversification des productions et des activités ? Comment les relations ville – campagne, des circuits courts, l'agriculture à proximité des villes permettent-ils de répondre à ces nécessités ? Quels stratégies et outils mobiliser (signes de qualité territoriaux comme AOP, AOC, etc.) ? Comment favoriser l'emploi et assurer une valorisation économique suffisante ? Toutes ces questions positionnent le territoire (constitué de ses espaces, ses activités et ses acteurs) comme une entité incontournable dans le traitement des enjeux que doit relever l'agriculture notamment *via* :

- l'analyse des modalités de coexistence et de confrontations des modèles agricoles (*Gasselín et al.*, 2021) dans les systèmes alimentaires ;
- la conception des processus de transition agroécologique territoriale (*Bergez et al.*, 2019) ;
- la fourniture d'informations et d'outils d'aide à la décision aux porteurs d'enjeux et aux collectivités territoriales et services de l'État concernés par les dimensions environnementales et de santé qui relie agriculture et autres composantes des espaces formant écosystèmes, hydrosystèmes et pathosystèmes.

Conclusion

Pour résumer, l'agriculture est désormais confrontée à des enjeux critiques de sécurité alimentaire, de pollutions et de ressources qui remettent en question les dimensions productives de l'activité et l'exercice de la profession d'agriculteur. Ils nous interrogent sur les modèles agricoles susceptibles de leur répondre. Ils nous interrogent aussi sur les territoires dans lesquels interagissent, se confrontent ou coexistent les déclinaisons concrètes de ces nouveaux modèles. Notons qu'ils relèvent de dynamiques différentes, selon les régimes sociotechniques auxquels ils sont rattachés. Souvent adossée à la ferme de grande dimension avec

peu de main-d'œuvre, l'intensification durable est rattachée aux évolutions du régime dominant, celui issu des Trente Glorieuses, qui a pris appui tout autant sur les (grandes) entreprises privées d'amont et d'aval, les grandes coopératives, le conseil issu des chambres d'agriculture, la PAC que sur une recherche au service de la prescription de solutions techniques valables dans la plupart des milieux. L'agroécologie relève encore de la niche sociotechnique, même si l'on peut constater un vrai changement de priorités de plusieurs acteurs, notamment de la recherche mais aussi des politiques publiques et de l'enseignement. L'agroécologie est aussi associée à l'idée de transition et de transformation radicale. Elle appelle au développement de connaissances, méthodes et outils explorant les leviers de cohérence et les performances de systèmes agroécologiques. Elle accompagne enfin des processus de changement, facilitant l'exploration des situations désirables, les apprentissages, des mécanisations adaptées et aidant la reconfiguration pas à pas des systèmes dans un contexte d'incomplétude des connaissances et d'incertitude sur l'effet des actions.

Dans ce contexte, le numérique est d'abord envisagé, du côté de l'agronomie et des sciences sociales, au travers de son incorporation dans les outils, machines et robots, pour la précision des informations qu'il procure et les nouveaux régimes d'aide à la décision qu'il soutient. En cela, il permet de renverser la dynamique de simplification des raisonnements et des actions qui étaient la contrepartie de l'agrandissement des surfaces exploitées par actif. En fournissant les outils pour observer et gérer ces surfaces grandissantes, le numérique agit alors comme un levier de l'intensification durable et de l'agrandissement des structures, ce dernier devenant compatible avec précision et individualisation. Parallèlement, le numérique pourrait apporter aussi des contributions au développement du modèle agroécologique dans des fermes familiales. En effet, d'une part ce dernier modèle est fondé sur des dialogues et apprentissages entre pairs et sur des liens directs avec les consommateurs : les forums, sites d'achat en ligne et autres réseaux sociaux pourraient ainsi devenir des leviers effectifs. D'autre part, même si cela reste à confirmer, le numérique peut aider à la compréhension et la gestion de la complexité biotechnique, écologique et socioéconomique de ces systèmes basés sur l'agriculture agroécologique, sans doute plus familiale et de taille plus modeste. Il peut aussi « équiper » l'agriculteur pour détecter plus vite les dysfonctionnements et l'aider à prendre des décisions (des informations « supports » de décision)

L'échelle territoriale est une autre échelle d'intérêt pour le numérique, dans sa capacité à appréhender les processus complexes mettant en lien espaces, activités et acteurs et à explorer des scénarios utiles pour l'aide à la décision multiacteur, que celle-ci relève des systèmes alimentaires, des questions environnementales ou de plus en plus des questions de santé (maladies infectieuses animales ou zoonotiques) (*Charrier et al., 2020*).

Au final, pour permettre une transformation rapide et à la hauteur des enjeux, il est alors nécessaire de questionner le numérique dans sa capacité à répondre aux différents acteurs et parties prenantes (publics ou privés) et à leurs besoins urgents :

- d'informations, de compréhension de la complexité des systèmes, des risques et des incertitudes ;
- d'appui à l'élaboration de stratégies et politiques, et à l'évaluation multicritère de fonctionnement ou de scénarios, aux différentes échelles (européenne, nationale, régionale et territoriale) ;
- d'appui à la décision et à la gestion de compromis en situation mono et multiacteur ;
- et enfin d'appui à l'action concrète dans ses composantes reliant l'Homme, la machine et la tâche d'une part et le dialogue expérientiel entre pairs d'autre part.