

Livre blanc

La numérisation de l'agriculture africaine

Chapitre I

Le numérique envahit l'agriculture

1. La troisième révolution agricole

Le couple infernal agriculture/climat

Créée au sommet climat de l'ONU en septembre 2014, l'Alliance mondiale pour une agriculture intelligente face au climat (GASCA) est l'héritière du *Climate smart agriculture* lancé par la FAO en 2010. Il s'agit, dans les deux cas, de faire d'une pierre deux coups : d'une part, réduire l'insécurité alimentaire et de l'autre, tempérer freiner le réchauffement climatique. C'est un rêve : réconcilier ce couple infernal que forment le climat et l'agriculture. Ces deux initiatives, malgré ses augustes parrains, ont été dénoncées par des universitaires et des ONG de renom comme des fourreaux des grands groupes chimiques et agro-industriels. Le débat n'est pas donc pas clos et n'est pas prêt de l'être. Qui s'en s'étonnerait ? Toute tentative d'optimiser l'utilisation des intrants chimiques est considérée par leurs adversaires comme une tentative à peine déguisée de leur légitimation.

Il n'existe pas de réponse simple à ce débat car l'agriculture occupe une position paradoxale. Elle est tout à la fois victime et coupable. Victime, l'agriculture pourrait voir ses rendements réduits de 10 à 20% par l'alternance des périodes de sécheresse, d'inondation et autres invasions de parasites. Coupable, l'agriculture est à l'origine de 30% des émissions mondiales des gaz à effet de serre. Juge de paix honnête, la *Climate smart agriculture (CMA)* organisée, entre autres, par la CIRAD, l'INRA, AGROPOLIS ou la FAO, a cru trouver la bonne réponse. Il demande à l'agriculture d'être à la fois productive, résiliente et durable. Bel exemple d'irrésolution qui ne mange pas beaucoup de pain mais qui finira par aboutir à un compromis nommé agriculture de précision.

En un mot comme en cent le recours aux fertilisants organiques demeurera certainement une nécessité. La question est comment en réduire l'impact environnemental. Nous en étions là sans nous rendre compte qu'une révolution silencieuse était, probablement, en train de résoudre cette quadrature du cercle : oui, on peut tout à la fois protéger les plantes, fertiliser les cultures et élever des veaux tout en réduisant les émissions de gaz. Mieux, on dispose de techniques moins gourmandes en intrants et plus généreuses en rendements. Cette révolution silencieuse porte un nom : la révolution numérique. Comme souvent, en histoire des sciences, les hommes prennent conscience des révolutions bien après qu'elles aient eu lieu.

Rarement révolution pouvait mieux tomber à point. Les pays pauvres d'Afrique sub-saharienne, entre autres, où l'agriculture, représentant 20 à 30% du PIB, est toujours et désespérément tributaire des incertitudes climatiques. Près d'un milliard d'êtres humains, presque tous, paradoxalement fermiers vivent au dessous du seuil de pauvreté. Faut-il en rajouter ? Rappelons ces chiffres archi-connus : pour nourrir les 9 milliards d'êtres humains que comptera la planète en 2050, la production alimentaire devra augmenter de 70%. Et encore, eût-il fallu apprendre à produire sous le joug de

l'épée de Damoclès des catastrophes climatiques (inondations et sécheresses) et, ce, avec moins de ressources (moins d'eau, moins de terre arable...).

Comme si cela ne suffisait pas, ce défi démographique est aggravé par une évolution sociologique de grande ampleur. D'ici 2035, plus de 3 milliards d'habitants des pays émergents jouiront d'un niveau de vie proche de celui des classes moyennes des pays développés. Ces « nouveaux riches » consommeront plus de voitures, mais aussi plus de viande. Il faudra leur fournir une part de steaks ou de gigots plus ou moins équivalente à la nôtre. L'extension de l'élevage, activité agricole la plus gourmande en eau – une vache en lactation consomme 100 litres d'eau par jour – provoquerait un stress hydrique insupportable. Certains ont déjà élaboré de nouveaux modèles de consommation plus frugaux.

L'agriculture est coutumière des aléas naturels, des désordres économiques, risques sanitaires et nous en passons. A ces fragilités, viennent s'ajouter des défis démographiques et sociologiques.. L'irruption du numérique apporte un espoir d'ordre et de rationalité et de réduction des incertitudes. Ses enjeux dépassent les seuls agriculteurs, ils sont devenus ceux de tous les citoyens

Et l'agriculture devint intelligente

La digitalisation a bousculé l'agriculture comme elle l'a fait pour toutes les activités économiques. Son irruption dans les champs est moins brutale parce que, s'il est une activité plus attachée à la tradition – et pour de bonnes raisons que nous aimons tous - c'est bien l'agriculture. La rencontre est prometteuse.

On voudra bien se souvenir comment la « révolution verte », pendant les années 60-90 sauva des milliards d'êtres humains de la famine grâce à la combinaison de variétés résistantes, à l'utilisation massive de fertilisants chimiques et à l'irrigation. Le prix à payer fut certes élevé : pollution, eutrophisation et perte de biodiversité.

C'est donc contre les ravages de cette première révolution qu'est née la notion d'une agriculture durable inspirée de l'agroécologie, c'est-à-dire de pratiques écologiques appliquées à l'agriculture. Les concepts font d'ailleurs florès : écoagriculture, agriculture raisonnée... L'objectif est partout le même: la révolution verte moins ses effets dévastateurs.

Il est un concept qui aura la vie plus longue : celui d'agriculture de précision. Cette technique est née quand s'est posée la question de savoir s'il était possible de moduler le traitement de parcelles voisines en fonction de la nature de leur sol et de leur culture et d'y adapter , semences, fertilisants, quantité d'eau, pesticides...Ce traitement « sur mesure » peut diaboliquement varier d'un mètre carré à l'autre grâce aux capteurs terrestres ou embarqués (sur des tracteurs). Les drones complétaient le travail par leur

capacité à dénicher des poches d'animaux nuisibles. Les stations météo terrestres fournissaient de précieuses indications sur l'hygrométrie. La robotisation des matériels a emboîté le pas à la mesure et au traitement des données.

Sont alors apparus les tracteurs munis de GPS guidés mètre par mètre dans leur travail de labour ou d'épandage parcelle par parcelle : doses millimétrées de fertilisants, pesticides, semences. L'irrigation était elle-même même soigneusement adaptée aux besoins du sol. A l'image du marketing digital, l'agriculture de précision fait du *one to one*, du sur-mesure.

Le bétail n'a pas été épargné par cette révolution. Grâce à des senseurs, un éleveur peut savoir quand sa vache est prête pour une insémination artificielle ou quelles sont les maladies qui peuvent l'affecter.

Dès les années 2000, 40 à 50% des cultivateurs américains de blé, de maïs et de soja utilisaient des capteurs de rendement. Une étude du Département de l'Agriculture américain de 2011 permet déjà de dégager quelques résultats, certes peu spectaculaires, mais assez remarquables :

- Les utilisateurs de capteurs de rendements obtenaient de biens meilleurs résultats que les autres ;
- Les utilisateurs de capteurs de rendement de blé et soja dépensaient sensiblement moins d'essence ;
- Les utilisateurs de la cartographie GPS et d'outils de mesure de rendement obtenaient de bien meilleurs rendements.

Et, pourtant, à l'échelle nationale, dans la *Corn Belt*, les différents outils de précision n'étaient alors adoptés que par 12% des fermiers.

L'expression « agriculture de précision » a acquis un sens plus trivial en Europe, résumé par l'expression : *la bonne dose (d'intrants), au bon endroit et au bon moment*. Ou plus simplement *produire plus avec moins*. Pour sacrifier à la doxa écologique, cela signifie : améliorer la productivité tout en réduisant les nuisances environnementales. Ce n'est guère suffisant pour les adversaires farouches de tout intrant chimique.

Par contre, pour ce qui nous concerne, cette agriculture de précision était porteuse d'une révolution autrement plus profonde qui réconciliera un jour agriculture et climat, productivité et environnement. Nous voulons parler de l'agriculture numérique.

Le passage de l'agriculture de précision à l'agriculture numérique s'est produit grâce à un banal ordinateur et un stupide smartphone. L'agriculture numérique est née lorsque l'agriculteur a communiqué avec son smartphone et son ordinateur et fait communiquer entre eux capteurs, satellites, drones et autres GPS avec son ordinateur et

son smartphone. Désormais, de simples informations d'exploitation, acquièrent le statut de data, c'est-à-dire d'outils d'aide à la décision et d'instruments prédictifs. Bref, l'agriculture numérique est née lorsque l'on s'est rendu compte que les communications entre capteurs, GPS ou ordinateurs ne produisaient pas que des recommandations en matière de fertilisation ou d'irrigation, mais des *informations* d'une valeur inestimable.

Dans l'histoire de l'agriculture, le data a la même importance que le tracteur ou le fertilisant. Encore mieux, le data est l'avenir de l'agriculture.

Le matériel a accompagné cette révolution. Les *smart machines* font leur apparition. Elles forment un écosystème dans lequel toutes ses composantes, ordinateurs, smartphones, capteurs, drones, stations météo, GPS, tracteurs, moissonneuses-batteuses et systèmes auto-guidés, robots...communiquent et interagissent seuls. Les Allemands n'hésitent donc pas à parler de *Farming 4.0* ou de *small digital ecosystems* (SDEs). Cette ferme futuriste commence à exister. Forme la plus aboutie de la ferme connectée, elle appartient au stade ultime de l'agriculture numérique : l'agriculture 4.0.

Ses résultats sont prometteurs. On estime, toujours en Allemagne, que l'agriculture 4.0 a considérablement permis d'augmenter les rendements tout en diminuant la consommation de nitrogène de 10% et celle des herbicides de 20%.

D'après Stéphane Marcel, Directeur général de SMAG, les avantages économiques du *smart farming* ne sont pas moins tangibles en France. Une exploitation *full smart*, permet à une exploitation moyenne de diminuer de 40% son empreinte écologique et génère 50 à 150 euros de revenu supplémentaire par hectare. En Asie, on constaterait 20 à 30% d'accroissement des rendements selon les cultures.

Aux Etats-Unis, l'American Federal Bureau indique que l'agriculture de précision a accru les rendements de 13% et le coût des intrants (semences, fertilisants, pesticides...) de 15%.

Avec le numérique, l'agriculture est devenue précise, prédictive, économe et autonome. Mais ce n'est pas tout. Comme nous le verrons (voir chapitre *big data*), elle devient intelligente grâce aux pentaoctets d'informations qu'elle produit. Ses données nous ouvrent la voie à des plateformes de service, de nouveaux modèles de collaboration et d'échange, d'organismes de certification infalsifiables (le blockchain) et à la destruction des effets nuisibles de l'agriculture par l'agriculture elle-même. Rêvez, vous finirez toujours par avoir raison.

L'ère de l'agriculture intelligente a commencé.

Quelques références utiles

Numérique : de quoi parle-t-on exactement ?

On entendra par agriculture numérique (digitale pour les anglophiles) toute technique agricole utilisant les ressources des nouvelles technologies de l'information. C'est l'expression la plus communément utilisée

Quant aux chiffres 2, 3 et 4 souvent accolés à agriculture, ils font référence aux « utilisateurs » humains et/ou objets de ces techniques : 2 fait référence à la communication entre les hommes, 3 entre les hommes et les objets et 4 entre les objets (le modèle parfait de nouvelle usine allemande).

On parlera, enfin d'agriculture intelligente quand il s'agira d'agriculture préventive ou prédictive utilisant les ressources du big data et des plateformes.

Séquences de l'évolution de l'agriculture contemporaine :

1. *Révolution verte*
2. *Agriculture de précision*
3. *Agriculture numérique 2. 3. Et 4*
4. *Agriculture intelligente*

2. La ferme connectée

Rien, ou presque, ne peut plus se passer dans une ferme connectée sans que le fermier ne l'apprenne en temps réel. L'état des vergers, des troupeaux des céréales est connu en temps réel. Les nuisances sont détectées et traitées à temps. Les besoins hydriques et en intrants sont distribués avec précision. Stations météorologiques, capteurs surveillent l'état des sols et des troupeaux, les robots assurent la traite. La couverture numérique est au cœur de la ferme connectée.

La généralisation du numérique à l'agriculture exige le déploiement à l'échelle planétaire du **réseau spot**, filaire ou nomade. Il va de soi que la couverture dépend de la densité de la population et reproduit aussi, hélas, les inégalités économiques. Mais retenons, en gros, qu'en matière agricole, le réseau de téléphonie mobile et internet nomade et les réseaux très bas débit pour remonter les données des capteurs sont largement suffisants, en Europe du moins.

Le smartphone est le support par excellence de connaissance de la nature des sols et *outils d'aide à la décision (OAD)*. C'est lui qui contient toutes les applications nécessaires au suivi des récoltes comme à l'état des marchés. Certaines de ces applications sont payantes, d'autres sont gratuites.

Les capteurs : ils sondent le sol, donnent son Ph et mesurent la température et fournissent les données météorologiques. Ils envoient toutes ces informations sur le smartphone de l'exploitant ou aux serveurs des grandes exploitations gérés par des ingénieurs. à l'ordinateur de l'exploitant.

Le système de guidage pour machines, qui peuvent être auto-guidées par des balises reliées à un satellite ; elles labourent, fauchent ou moissonnent seules.

Le tracteur auto-piloté essentiellement utilisé en maraîchage et pour les travaux sous serre.

Les drones, sont avant tout des porteurs de capteurs-émetteurs de données. Selon la *MIT Technologie Review* les drones agricoles, outils relativement bon marché, grâce à leurs capteurs avancés et à leurs technologies d'imageries qui informent sur la santé de la plante, donnent aux agriculteurs de nouvelles façon d'accroître les rendements, de réduire les dommages causés aux cultures et de diminuer l'impact sur l'environnement. Le drone permet de *monitorer* de près les plantes, d'en cartographier les parcelles et d'en mesurer les besoins en eau ou nutriments.

Le drone tend à devenir le « roi » de l'agriculture digitale parce qu'il se défait peu à peu des contraintes liées à son environnement technologique. On a vu récemment

apparaître des drones, affranchis d'internet, fournir, en quelques minutes des informations aussi précieuses que celles de leurs équivalents ultra-connectés.

Les systèmes de **cartographie par satellite** poursuivent les mêmes objectifs et obtiennent des résultats similaires, avec des informations plus ou moins précises selon les cultures.

La robotique convient parfaitement à l'agriculture, métier s'il en est, dont les tâches sont astreignantes, pénibles et répétitives. La vente de robots en agriculture ne cesse de se développer dans de nombreux secteurs, dont celui de la traite qui représente 86% du marché. Le robot-vacher assure seul l'alimentation du bétail et effectue lui-même le mélange des rations. Le robot à traire reconnaît de lui-même les vaches grâce à leurs puces, lui fournit sa ration alimentaire personnalisée et installe les trayeuses. La robotisation n'épargne pas les porcheries.

En gros, l'immense masse de données générée par une *smart farm* concernent (Younes Essaid,OCP) :

1. **les sources de données structurées :**

- météo
- échantillon du sol
- préparation du terrain
- données de moisson
- planning de moisson
- données de marché
- données transport et logistique

2. **l'internet des objets et données machines :**

- monitoring des rendements
- données des moissons
- cartes d'application des engrais et phytosanitaires
- profondeur du sol
- données télématiques

3. **Données géospatiales :**

- Délimitations des parcelles
- Imagerie aérienne
- Elévation/profondeur du sol
- Corrélations spatiales

En France, l'utilisation des applications professionnelles agricoles sur smartphones a bondi de 110 % entre 2013 et 2015. La taille du marché des services numériques pour une agriculture de précision (systèmes de guidage, télédétection, logiciels de gestion...) devrait augmenter de 12 % par an dans les prochaines années pour atteindre 4,55 milliards de dollars en 2020 selon une étude de Markets and Markets. Il existe désormais une quantité énorme de logiciels, d'applications mobiles, de sites internet. Citons, parmi les plateformes d'applications les plus abouties dans le monde, *The Climate Corporation*.

Le numérique est d'ores et déjà une réalité économique. Selon Renaissance numérique il existe désormais 400 applications destinées aux éleveurs, 2,5 million d'hectares de rizières sont parcourus par 2500 drones au Japon, 150.000 agriculteurs des pays émergents utilisent déjà un service d'aide à la décision téléphonique tandis que la baisse de l'utilisation des intrants par les vignerons espagnols est estimée à 20%.

S'agissant de la France seule, le montant des investissements liés à l'agriculture numérique a triplé entre 1980 et 2014.

Le Monde 3 mars 2016 donne des précisions intéressantes sur le coût des investissements :

- Le guidage pour machines coûte entre 9 et 20 000 euros suivant la précision et le nombre des balises
- Un sondeur-analyseur de sol se vend 1 250 euros plus 450 euros/an pour la connectivité avec le bureau de l'éleveur
- Le drone agricole avec le pack capteur-logiciel-formation coûte 28 000 euros.

Si les coûts sont élevés, chacun peut commencer par s'initier à moindre frais grâce à des applications gratuites et des capteurs qui lui permettront, dans un premier temps de mieux connaître l'état de ses sols.

3. Du Big data au Block chain

Un savoir préventif et prédictif

Si comme nous l'avions vu, au début de ce livre blanc, la mécanisation et la chimie furent les moteurs des deux premières révolutions agricoles, l'agriculture de précision celui de la troisième, le data est certainement le nerf (et le stade ultime, jusqu'à quand ?) de la quatrième révolution agricole. La guerre du big data agricole a commencé. Ses guerriers sont légion. Qu'il suffise de penser aux armées de conseillers technico-commerciaux qui offrent « bénévolement » leurs services aux agriculteurs pour s'approprier leurs données. Le data en agriculture a la même importance que les données personnelles sur Face Book ou Google sur lesquels les services sont réputés gratuits. Google l'a d'ailleurs fort et vite bien compris qui s'est emparé du contrôle de *Farmers Business Network*.

La revue *France Agricole* estime que 78% des agriculteurs français sont connectés à titre personnel ou professionnel. 92 % des adhérents professionnels des réseaux sociaux disent rechercher des avis d'autres agriculteurs sur des matériels, des produits, des marques... Viennent ensuite, comme autres principales préoccupations, l'actualité agricole (89 %) et la documentation technique (85 %).

On l'aura compris, les enjeux de l'exploitation de ce big data pour les industriels de l'agriculture numérique sont financièrement gigantesques. Il suffit ici de rappeler que Monsanto a payé la plateforme de conseil météorologique, *The Climate Corporation*, près d'un milliard de dollars !

Le big data joue, certes un rôle très positif. Prédicatif, car basé sur des quantités considérables de données, il introduit quelque certitude dans un secteur dans lequel l'incertitude est reine. Différentes plateformes introduisent progressivement la culture de la prédictivité, et donc de la rationalité, dans la gestion des fermes.

Les fermiers américains sont conscients de la richesse que représentent leurs données professionnelles. Une enquête de l'American Farm Bureau révèle que 81% d'entre eux croient être « réellement » ou « physiquement » propriétaires de leurs données. 82% d'entre eux ignorent comment des sociétés privées pourraient s'emparer de leurs données et 77,5%, enfin, ont peur d'être spoliés de leurs précieuses données par le gouvernement ou des sociétés privées. A l'image de tous les citoyens.

Prédire et réagir, réduire les risques dans un métier dont la vie est régie par l'impondérable ouvre des perspectives vertigineuses. Telle est la mission communément confiée au big data.

Le document *A strategic approach to EU Agricultural Research and Innovation* est encore plus audacieux. Il prédit à l'horizon 2020 la chute de tous les murs qui isolaient acteurs, disciplines de l'agriculture, du climat et de la vie et l'émergence d'un impétueux torrent de connaissances qui prendrait sa source dans l'*open science et l'open data* et bouleverserait la configuration présente de la chaîne agro-alimentaire et de ses relations avec les autres chaînes de valeur. Des scénarios inédits seraient en gestation.

Le big data est l'eldorado des start up, des grands groupes agro-alimentaires et un nouveau point de départ pour une réflexion sur l'avenir de l'agriculture. Nous n'en sommes qu'au début. Les Etats ne peuvent pas rester indifférents à l'enjeu économique que représente la création de plateformes agricoles. Ainsi, en France, le ministère de l'Agriculture vient-il de confier la mission de créer un portail de données agricoles à l'IRSTEA (Institut de recherche en sciences et technologies pour l'Environnement et l'agriculture). Tout le monde sait d'ores et déjà que la tâche sera plus longue et plus ardue que prévu.

Un autre projet français d'envergure a vu le jour le 10 février. Les Instituts techniques agricoles (Acta) ont lancé une plateforme informatique en open data API-Agro. Il s'agit d'une plateforme collaborative destinée à la communauté scientifique dont l'objectif est de créer des services dans les domaines de l'agriculture au profit de l'INRA ou d'instituts de recherche.

Le volume des données – il se mesure en pétaoctets – est telle qu'aucune organisation n'est encore en mesure de commencer ne serait-ce qu'une idée de ce qu'elles recouvrent. 90% des données actuelles du big data ont été produites les deux dernières années. La vitesse de ces données est telle que les algorithmes qui tentent d'en extraire des applications sont encore dans l'enfance de l'art. Et encore doivent-ils abandonner l'illusion d'exploiter des stocks de données, ils doivent faire la course avec les flux. La grande variété, enfin, de ces données recèle des solutions d'avenir lorsqu'on aura trouvé des algorithmes pour les mettre en relation.

Le big data donne naissance, quasiment tous les jours à des plateformes numériques agricoles, pus modestes en taille. Elles sont aujourd'hui une des formes les plus répandues de l'économie collaborative ; elles sont des interfaces numériques d'intermédiation ouverte sur lesquelles fournisseurs et utilisateurs se rencontrent.

On voit naître nombre de plateformes collaboratives notamment en matière d'élevage (Valorex en France). Les plateformes de service sont particulièrement en vogue. Nous avons déjà cité *The Climate Corporation*. La concurrence est acharnée. Les FANG (Face Book, Amazon, Netflix, Google) l'emporteront-elles ? Qui ne rêve d'une plateforme d'applications agricoles identiques à celle d'Apple et son *Apple Store* ou d'une plateforme *Google Play* pour Android ? Il existe de nombreuses applications agricoles, mais aucune qui les regrouperait en un gigantesque Google Play ou Apple Store. Le

modèle dominant aux Etats-Unis est celui de plateformes vendant leurs services aux fermiers.

En France, SMAG entend occuper une place de leader. Très optimiste, son président, Stéphane Marcel promet que l'agrégation des données du big data et leur exploitation peut procurer, à terme, aux fermiers de 50 à 150 euros de gains par an et un gain de temps de pas moins de 50% !

Pour l'instant, quelques firmes, sûres de leur métier, se lancent dans l'aventure. En partenariat avec l'Université de Hambourg, Bayer est en train de créer une plateforme de données sur les sols, le climat et les terrains qu'il organisera en modèles destinés à aider les fermiers du monde entier à mieux sélectionner, entre autres, les semences. Le même Bayer a signé un partenariat avec la compagnie aérospatiale Planetary Resources pour acquérir des droits d'images satellitaires logés dans une plateforme destinée à favoriser la création de nouveaux produits agricoles.

OCP développe pour l'Afrique une plateforme de services à partir de *Geospatial Data Centers* utilisés pour collecter les informations et les traiter pour les transformer en outils d'aide à la décision agricoles.

Outre ces plateformes sophistiquées créées à partir d'algorithmes élaborés, naissent tous les jours des plateformes collaboratives, participatives, commerciales ou communautaires. L'économie agricole se plateforme.

Les plateformes envahissent la vie quotidienne des agriculteurs. Il en est autant que de besoins. Confrontation de l'offre et de la demande, place de marché, économie collaborative (financement, échanges de services...), les plateformes s'essaient à de nouveaux services quand elles ne réinventent pas d'anciennes formes de solidarité. Les particuliers entrent dans le jeu, en bouleversant les usages et réécrivent de nouveaux modes de consommation. Amazon ne s'y est pas trompé qui investit massivement ces plateformes. En Afrique, les call center joignables par téléphone sont de quasi market places. Quand elles sont collaboratives et (parfois) non marchandes, les plateformes peuvent être conviviales et contribuer à faire découvrir la campagne aux citadins. En bref, l'économie de plateforme apparaît comme un accélérateur et un simplificateur d'échanges dans le domaine agricole et alimentaire.

La **Blockchain** représente certainement la forme la plus aboutie de cette nouvelle économie relationnelle. Elle n'en est qu'à ses débuts, à l'instar d'internet dans les années 90. Elle peut être définie comme l'historique décentralisé et exhaustif de transactions qui seraient consignées dans un grand livre de compte. La sécurité de chaque transaction est assurée par un réseau d'ordinateurs qui la valident et la certifient. Une fois enregistrée, une transaction devient infalsifiable et facilement vérifiable. La mutualisation des risques en est une autre de ses applications d'avenir. La *blockchain* est

tout à la fois un outil de traçabilité, de certification et de certification infalsifiable des transactions. La création des bitcoins fonctionne sur le même principe.

Le développement du big data ne va pas sans la protection des données personnelles des agriculteurs. Un petit patron de TPE ne pourra certainement pas y parvenir seul. La protection des données est un enjeu collectif. Il s'agit moins de protéger un « stock » de données, ce qui serait antiéconomique, que de réguler un flux incessant de transactions. L'arsenal juridique traditionnel n'y suffit plus. Il reste à en inventer un nouveau dans lequel la blockchain aura certainement à son mot dire. La civilisation numérique nous fait passer d'une ère « transactionnelle » à une ère « relationnelle ». Nous passons d'une approche « statique » du monde à une approche « systémique » d'un monde en mouvement. Nous ne pouvons pas facilement aborder les protocoles d'échange de données avec l'arsenal juridique que nous possédons. De nouvelles règles sont à inventer. La blockchain jouera certainement un rôle important.

4. Les acteurs de l'agriculture numérique

Le changement climatique, l'insécurité alimentaire et le désordre des prix agricoles et, surtout, cette stérile et lassante confrontation entre compétitivité et durabilité ont fini par convaincre les responsables de s'interroger sur la pertinence des outils numériques pour mettre un peu d'ordre dans la planète. Le parlement européen a voté le 30 mai 2016 une résolution sur les solutions technologiques pour une agriculture durable. L'USDA considère de son côté le big data comme le futur de l'agriculture.

Pleinement consciente de la contribution des agricultures familiales à la sécurité alimentaire et à la lutte contre la pauvreté, la FAO a lancé une plateforme numérique sur l'agriculture familiale. Le G20 en Chine, le 3 juin 2016, a pris des engagements concrets concernant la coopération relative à l'innovation. Outre les progrès prévus pour coordonner les initiatives scientifiques sous l'égide du G20, un groupe de travail doit être créé pour étudier les modalités de partage d'informations en matière de technologie. La FAO, l'IFPRI et l'OCD sont chargées d'établir des propositions concernant la coopération en matière de technologies de l'information et de la communication (TIC).

Les initiatives en matière d'agriculture numérique foisonnent, doublonnent et il est encore tôt pour en deviner les orientations. Nous ne pouvons à ce stade que signaler celles des initiatives qui nous paraissent les plus prometteuses.

En Europe, le partenariat européen d'innovation « Productivité et développement durable de l'agriculture » (PEI-AGRI) est le principal levier d'innovation de la PAC (politique agricole commune) qui devrait prendre un tour résolument numérique en 2020. L'originalité de ce projet est de constituer au sein des PEI-AGRI les acteurs du secteur – agriculteurs, chercheurs, entreprises, ONG – en groupes opérationnels chargés de trouver des solutions innovantes par pays ou régions.

Une des originalités de l'initiative européenne est l'implication des industriels du machinisme agricole numérique, CECE/CEMA, qui réclame une digitalisation accrue du matériel, une interopérabilité des matériels européens, des programmes d'aide et de formation européens, la généralisation du haut-débit à l'ensemble des foyers européens et la généralisation de la culture digitale. Le *Farm Bureau* aux Etats-Unis, de son côté, est très impliqué dans le *big data*.

Les grands groupes financiers et industriels (Crédit agricole, Airbus...). Les leaders mondiaux du secteur agricole que ce soit dans le machinisme comme John Deere avec MyJohnDeere.com ou Bayer et BASF dans la chimie, ont compris l'intérêt du numérique en agriculture.

L'industrie des fertilisants est très active en matière de recherche de capteurs capables de détecter les déficiences d'une plante dans l'un des trois nutriments de base

N, P et K. Il est déjà possible à un appareil de détecter les déficiences en azote d'une plante en la pinçant. OCP possède près de Ben Guérir au Maroc qui configurera automatiquement les mélanges adéquats des trois composants artificiels N,P et K (azote, potassium et fer) par type de culture.

Bayer aide actuellement le Brésil à éradiquer une chenille répandue dans tous les champs brésiliens et coûtant à l'agriculture brésilienne 5 milliards de dollars : une combinaison de pièges à chenilles envoie des informations en temps réel sur les champs infestés provoquant une réaction calibrée pour un usage limité de fongicides.

C'est aussi le cas de grandes entreprises adaptant des solutions prévues pour d'autres usages à l'agriculture. AIRBUS et la NASA offrent leurs services notamment pour l'imagerie de très haute précision. Le secteur de la finance n'est pas en reste : Crédit Agricole, en France, et Rabobank aux Pays-Bas investissent beaucoup dans l'agriculture numérisée notamment pour accompagner les jeunes agriculteurs et faire émerger des startups dans le domaine agricole. Il n'est pas jusqu'à Intel qui ne s'intéresse à la survie des abeilles en leur implantant des micro-capteurs sur le dos. Il existe d'ores et déjà des robots planteurs de peupliers.

Les Startup. Royaume du big data, l'agriculture numérique est devenue le terrain de jeu favori des start up. Tous les acteurs du numérique s'intéressent à l'agriculture, des géants de la Silicon Valley à l'étudiant avide de créativité. Des startups émergent dans tous les domaines, de la gestion des parcelles au market-place pour l'approvisionnement des exploitations agricoles en passant par les plateformes de crowdfunding ou de vente directe. En France, cinq de ces startup se sont rassemblées dans l'association *La ferme digitale* pour assurer ensemble leur promotion dans les manifestations agricoles.

Les think tank : de nombreux Think tank s'intéressent à l'agriculture, c'est le cas en France de Renaissance numérique qui, réunit des grandes entreprises de l'Internet, françaises et multinationales, des entrepreneurs, des universitaires ainsi que des représentants de la société civile et qui a réalisé, en 2015, un livre blanc très documenté sur les défis de l'agriculture connectée dans une société numérique. SafAgridée ,laboratoire d'idées pour les secteurs agricole, agro-alimentaire et agro-industriel travaille, lui, sur la ferme du futur et le rôle que joueront le big data et l'agriculture de précision. Le think tank américain FoodTank a ,quant à lui, publié de nombreux rapports sur l'agriculture numérisée.

Les ONG : beaucoup d'ONG s'intéressent à l'agriculture, que ce soit pour lutter contre la pauvreté, assurer la sécurité alimentaire ou à des fins environnementales. Elles sont le plus souvent conscientes de l'intérêt que présente le numérique en matière d'association de productivité et d'environnement. Celle qui a le plus conscience de l'opportunité qu'offre le numérique en matière agricole est la Fondation Bill et Melinda Gates.

Last but not least, le consommateur est le premier bénéficiaire de ces bouleversements. Transparence et confiance sont certainement les deux valeurs fondatrices des relations consommateurs-producteurs agricoles. Il revient justement au numérique de fonder matériellement, de donner substance à ces valeurs : puces RFID, réseaux sociaux, blockchain restaurent les liens de confiance d'hier et en créent de nouveaux.

La. Le numérique est au cœur même de la revendication de traçabilité qui devient une revendication quasi-universelle. En matière d'élevage, par exemple, chaque mouvement de l'animal, de sa conception à l'assiette est dûment répertorié. Grâce au blockchain, le moindre steak a son passeport lisible grâce à un smartphone.

La traçabilité devient un phénomène de société. Citoyens-consommateurs ou défenseurs de l'environnement organisent leurs propres outils de traçabilité. L'*Open Food Act*, par exemple, attribue un score nutritionnel à près de 40 000 aliments ; il est consultable par tout un chacun. *Buycott* permet de faire ses courses de façon responsable. *GoodGuide*, lui, répertorie 250 000 produits en fonction de leur impact sur la santé et l'environnement.

Ce souci de bien être a donné lieu à des inventions qui peuvent faire sourire : ainsi, bracelets, assiettes et fourchettes connectés permettent d'équilibrer besoins personnels et aliments ingérés...

Traçabilité sur toute la chaîne. *Agridemain* en France ou *Agriculture plus que jamais* au Canada exposent en toute transparence les activités de leurs fermes. A l'Exposition Universelle de Milan en 2015, on pouvait admirer les prouesses technologiques des supermarchés dont le travail d'emballage des produits par les robots. Nous ne sommes, par ailleurs, qu'au début de bouleversements dans l'organisation des circuits de distribution.

5. Pays émergents

Les continents start up

L'Afrique et l'Asie sont souvent qualifiées de continents startups par référence à l'immense potentiel que leurs agricultures représenteraient pour la machinerie agricole numérique dont les smartphones, les capteurs ou les drones. L'exploitation des données générées par cet outillage donne naissance à des applications et des portails relativement nombreux sur ces continents.

Certes les moteurs de croissance de ces contrées ne sont pas identiques. Selon l'OCDE, la croissance agricole résulterait en Asie de l'utilisation intensive des intrants alors qu'elle découlerait plus en Amérique du Sud de la productivité de la main-d'œuvre, résultat d'une mécanisation croissante.

La croissance de l'agriculture sub-saharienne, qui se porterait plutôt de mieux en mieux, s'expliquerait par la mise en culture de nouvelles terres arables et l'intensification des systèmes de culture et non par une franche amélioration de la productivité. La productivité par travailleur n'y aurait augmenté que de 1,6% au cours des trente dernières années contre 2,5% pour l'Asie.

Les enjeux économiques de la pauvreté des continents émergents sont considérables :

- L'amélioration du niveau de vie des populations démunies passe par l'amélioration de leur productivité agricole ; les agriculteurs de ces pays cumulent toutes les plaies de la pauvreté : rendements bas, prix de vente spoliateurs et prix d'achat des intrants rédhibitoires ;
- Pire, la pauvreté réelle est aggravée par une pauvreté croissance en matière de connaissances agricoles : réglementations confuses, marchés imprévisibles, sophistication croissante des intrants, mécanisation compliquée, et nous en passons. L'ignorance ferait perdre aux agriculteurs pauvres un quart de leur taux de croissance théorique.

Afrique sub-saharienne et Inde – auxquels nous nous intéresserons plus particulièrement dans ce chapitre, n'en présentent pas moins de fortes similitudes que M. Essaid Bilal, directeur de la recherche et développement d'OCP résume fort bien :

- Une chaîne de valeurs agrobusiness complexe
 - La prééminence et l'hétérogénéité des petits agriculteurs
- L'hétérogénéité des conditions climatiques, des qualités de sols et des nuisances affectant la santé des plantes
- La prédominance du modèle de relations B to C avec les fermiers.

Il aurait pu, aussi, ajouter la vaste étendue des territoires.

Pauvreté économique, pauvreté en matière de connaissances et structure archaïque de l'agriculture imposent des contraintes que la technique peut alléger mais non résoudre. L'intervention des techniques numériques, fort avancée en Afrique et en Inde, a ses propres exigences pour pouvoir déployer ses effets bénéfiques. Citons, entre autres :

- La couverture internet du territoire
- La généralisation de l'utilisation du smartphone doté applications simples et faciles à déchiffrer
- La livraison de drones pour les livraisons rapides d'intrants
- Des portails de services
- Des agronomes suffisamment nombreux pour aider les fermiers à lire leurs applications et à prendre de bonnes décisions

Lorsque toutes ces conditions seront réunies, alors et alors seulement, pourrait-on espérer, selon *The Policy Paper Series Number 16*, une incroyable croissance des rendements de 50% ! La croissance agricole est connue pour un effet multiplicateur supérieur à celui de tous les secteurs économiques. Ainsi, une croissance de 1% du produit national brut agricole engendre-t-elle une augmentation de 6% des dépenses chez les plus démunis. Un document d'OCP Africa fait état d'un gain de 3 milliards de dollars en Afrique grâce au seul smartphone.

Les espoirs de progrès sont à la mesure des défis à relever. Il y a lieu d'être relativement optimiste. Les atouts des pays émergents sont nombreux. Voici, comment, des outils numériques, fussent-ils utilisés de façon rudimentaire, peuvent contribuer, contribuent déjà, à la croissance de les agricultures africaine et asiatique.

1. **Le smartphone**

Il est le roi de l'agriculture numérique dans les pays pauvres. L'Afrique comptait 67 millions de smartphones en 2013 et un Africain sur 5 consulte internet via son smartphone. Fournissant des informations météo, ils permettent de choisir le bon moment pour planter ou récolter. Ils améliorent considérablement la transparence des marchés agricoles et permettent à leurs propriétaires de se constituer en communautés collaboratives, fussent-elles rudimentaires.

2. **Les applications**

Outil privilégié de collecte des données fournies par les capteurs, le smartphone est le meilleur conseiller de l'agriculteur africain, sinon son outil d'aide à la décision.

Après certains de ses concurrents, OCP Africa s'apprête à lancer, sous la direction de Younes Taoudi, sa propre application. Elle sera gratuite car elle autorise une grande collecte de données et surtout, sera le véhicule de vente des fertilisants maison et de services annexes tels que les assurances. Il est, cependant, un problème, que l'application n'a pu résoudre : la nécessaire assistance d'un agronome au profit de fermiers analphabètes.

3. **L'analphabétisme**

L'Afrique repense l'école de demain. Les plateformes de E-learning fleurissent un peu partout sur le continent, comme en témoigne le succès de la tablette Qelasy. L'émergence de produits et de services *made & designed in Africa* est essentiel à l'émergence d'un modèle éducatif vernaculaire contemporain, adapté aux usages et aux défis locaux...

4. **Le haut débit**

Guère plus tard que le 18 juillet 2016, le conglomérat chinois Huawei rejoignait les rangs de *Smart Africa Alliance*, une alliance d'États africains destinée à promouvoir l'économie de la connaissance et des nouvelles technologies de l'Information. Son président, le rwandais Paul Kagame a insisté sur la connectivité haut débit pour le développement du continent. La Guinée, le Gabon et bien d'autres se joignent à une initiative, absolument essentielle au développement de l'agriculture numérique. C'est, certainement dans ce domaine que l'Afrique a accumulé le plus de retard. Les résultats de cette politique volontariste sont au rendez-vous : entre 2005 et aujourd'hui, le coût d'un envoi mobile d'un mégaoctet est passé de 8 dollars à quelques cents.

5. **Les drones**

Le drone est un moyen relativement bon marché pour veiller à la santé des plantes et améliorer les rendements grâce à la prescription d'intrants adaptés. Un droneport avec une infrastructure complète ne coûterait que \$ 70 000. Ce n'est pas être trop lyrique que de penser qu'il reviendra au drone d'être le fer de lance de l'introduction du numérique en Afrique.

Ce n'est guère un hasard que plusieurs gouvernements africains et indien aient conclu d'ambitieux programmes de développement des drones avec certains des meilleurs acteurs de la Silicon Valley.

Le 28 juillet 2016, le gouvernement indien a annoncé un ambitieux projet de couverture agricole du territoire par drones couplés à une couverture à des satellites. Baptisé SENSAGRI, il est entièrement financé par plusieurs ministères indiens.

6. Les portails

L'Inde mérite une mention particulière pour son ingéniosité en matière de plateformes de services mobiles. Sur les 100 plateformes lancées dans le monde au début des années 2000, 30 étaient indiennes, plus que dans tout autre pays (d'après *Policy Paper Series N°8*). Le marché des plateformes était estimé à \$390 millions pour l'Inde et 91 pour l'Afrique noire. Les services fournis par ces plateformes couvrent tous les besoins agricoles : prix, désintermédiation, hotline, places de marché virtuels, météo, récoltes, multimédia. Certaines sont gratuites, d'autres payantes, certaines publiques et d'autres privées.

Les économies ou gains réalisées grâce à ces portails sont loin d'être négligeables : 50% en matière de rendements, des prix supérieurs de 10%, 10% d'économie de voyage et de monitoring, etc.

La plateforme africaine Esoko, créée en 2008, fournit les prix de nombre de denrées par SMS à ses adhérents et leur permet souvent d'obtenir des prix de 10% supérieurs à ceux du marché. Aujourd'hui présente dans 16 pays africains, elle a étendu ses services à la météo et aux conseils techniques. Esoko n'est pas seul.

M-Farm connecte plus de 10 000 clients fermiers par SMS pour rassembler des informations sur les marchés agricoles. Agritools est une plateforme ouverte au crowdsourcing comme en témoignent nombre d'experts de terrain. Au Nigeria, un e portemonnaie (une plateforme de paiement via téléphone mobile) a permis de rendre la distribution d'engrais et semences subventionnés plus transparente et efficace en mettant directement en contact car les paysans avec leurs fournisseurs. Le gouvernement garde une trace de toutes les transactions.

7. Accès aux fertilisants

Les difficultés d'accès aux fertilisants en Afrique sont considérées comme le principal obstacle à l'amélioration des rendements. C'est ainsi qu'OCP a créé 14 centres de stockage sur l'Afrique. Baptisés *blenders*, ces centres commercialisent des mélanges « customisés » en usine car ils sont spécifiques à chaque région et chaque culture.

Conclusion : vers un nouveau Big Bang agricole ?

Économie de marché et économie de réseau. Sera--il désormais possible de parler d'agriculture sans évoquer le numérique ? Oui. Mais pour combien de temps encore. Comme ce fut souvent le cas, la numérisation de pans entiers de l'économie ou de la vie sociale a pris la forme d'une révolution tranquille. La révolution est constatée quand elle est déjà là.

L'alimentation, l'approvisionnement en énergie et le développement durable sont trois des grands enjeux du 21^{ème} siècle. Pourrons-nous produire plus en consommant moins, moins d'intrants, moins d'eau, moins de terres arables ? Oui, si nous acceptons de remettre en cause nos certitudes, si nous acceptons que le numérique bouleverse toute la chaîne de valeur de la production à la consommation. En un mot comme en cent, il est temps de nous demander si nous ne sommes pas en train de passer d'une économie de marché à une économie de réseaux, une économie dans laquelle le savoir-faire produit le savoir.

Une économie économe en intrants et intensive en connaissances. Pour être durable, l'agriculture devra répondre à trois objectifs : être, économiquement viable, socialement supportable et acceptable pour l'environnement. Rien ne doit être écarté pour atteindre cet objectif. Le numérique est une opportunité pour y parvenir par sa capacité à agréger et mettre en œuvre des connaissances, à créer partout de la transparence. L'agriculture de demain sera économe en intrants et intensive en connaissances.

C'est ce qu'avaient déjà compris les promoteurs de l'agriculture de précision. Si l'agriculture de précision ne bouleverse pas les modèles existants, elle en atténue largement les impacts négatifs. Sans rejeter l'utilisation d'intrants, elle permet d'utiliser la dose strictement nécessaire d'engrais, de produits phytopharmaceutiques au bon endroit et au bon moment limitant alors considérablement les impacts sur l'environnement. L'espoir des promoteurs de ces technologies est d'aboutir à un système d'aide à la décision efficace à grande échelle, comme aux échelles locales, et permettre d'optimiser les rendements et les investissements tout en préservant les ressources naturelles, financières et énergétiques. Cependant, les plateformes, la blockchain et le big data feront bientôt apparaître l'agriculture de précision comme un ensemble techniques, certes utile, mais déjà dépassé. L'agriculture ne sera plus de précision, elle sera intelligente. Point.

Le big data et les plateformes en tous genres, collaboratives, participatives, scientifiques, d'assistance... créent des modèles insoupçonnables dans tous les domaines. Ils vont encore plus loin. Ils deviennent préventifs et prédictifs. Ils vont réconcilier agriculture et intelligence, en un mot réduire la part de fatalité de l'homme face à la nature. L'agriculture produira moins de gaz à effets de serre et sera moins tributaire des pestes tandis que le climat deviendra plus prévisible, donc moins nuisible. Ne parle-t-on déjà d'une agriculture qui détruirait par ses propres moyens ses effets néfastes sur le climat ?

S'il est un continent où le numérique va permettre des avancées voire des modélisations innovantes en matière de développement agricole durable, c'est bien l'Afrique. Il n'est pas envisageable d'y reproduire le modèle agricole occidental. L'opportunité en réalité consiste à penser un modèle nouveau. Les techniques à mettre en place devront être conçues avec les populations locales, certaines techniques

agricoles traditionnelles sont louables et à préserver. Drones de prises de données agricoles, pièces de tracteurs, outils d'analyse du sol, pompes, etc. pourront prochainement être produits au sein de fablabs d'un niveau technologique standard, dans la plupart des cas en respectant des logiques open-source. Ce sont les Africains qui feront émerger leurs propres modèles agricoles.

Se développent également, notamment dans la Silicon Valley, des expérimentations radicales comme l'agriculture cellulaire, moins gourmande en espace que l'agriculture traditionnelle. Elle pourrait offrir des solutions pour approvisionner les villes de demain, lieu premier de concentration de la population mondiale.

L'agriculture est un vaste puzzle de microentreprises de tailles et aux finalités diverses. Les agriculteurs n'ont aucune prise sur l'évolution des prix de leurs récoltes. Depuis peu grâce aux technologies numériques, apparaissent les premières plateformes de commercialisation comme BiAgri en France ou MLouma au Sénégal et M-Farm au Kenya. D'autres exemples existent aussi en Inde ou en Amérique latine. Il n'est pas utopique d'imaginer demain la mise en place de smartgrid pour l'énergie ou les services environnementaux tel que la captation du carbone.

L'agriculture au cœur de l'économie augmentée? Nous parlerons demain d'agriculture augmentée. Si la fonction historique restera bien sûr la production de denrées alimentaires, **l'agriculture augmentée**, ajoutera la capacité à restaurer la biodiversité et les écosystèmes, la capacité à dépolluer l'eau, l'air et les sols. La capacité à produire de l'énergie et des biomatériaux à partir de la biomasse complétera ces démarches. L'agriculture interviendra également dans le stockage du carbone et donc dans l'atténuation des gaz à effet de serre. L'agriculture sera alors reconnue comme facteur d'amélioration de la santé et vecteur de lien social.

Le changement climatique est un défi qui semble nous écraser. Or, la meilleure usine systémique d'une utilisation utile du carbone n'est-elle pas la plante et son meilleur outil, la photosynthèse ? L'agriculteur est le détenteur des savoirs, capable de mettre en œuvre à bon escient ces usines que la nature nous offre. A nous de le comprendre et de saisir les opportunités en transformant les méfaits du changement climatique en avantages concurrentiels. Le changement de paradigme est moins dans la technique que dans les opportunités qu'elle nous offre.