

Fiche variable externe



Place de la technologie dans l'économie

Objectifs :

- ✓ Donner des éléments de cadrage sur les enjeux liés aux nouvelles technologies pour l'exercice de prospective ;
- ✓ Etudier de manière rétrospective la place des nouvelles technologies dans l'économie ;
- ✓ Explorer les futurs possibles du rôle des technologies dans l'économie, et en particulier dans les secteurs de l'eau et de l'agriculture.

1. Définition de la variable

La technologie désigne les outils, machines, procédés et des méthodes employées dans les diverses branches de l'industrie¹.

Dans cette fiche, le parti pris a été de ne traiter que des innovations qui apparaissent le plus souvent dans les variables des études de prospective :

- Le secteur agricole (technologies de précision pour l'irrigation, la fertilisation, le contrôle des vèlages notamment, mais aussi les innovations concernant les nouvelles variétés plus résistantes à la sécheresse) ;
- Le secteur de l'eau (dépollution, restauration des milieux, potabilisation etc) et des déchets ;
- Les nouvelles techniques de l'information et de la communication (TIC).

L'investissement dans les nouvelles technologies joue une place centrale dans le système économique actuel. D'après les théories de la croissance, l'innovation est un vecteur de croissance économique à long terme qui permet d'augmenter la productivité du travail et du capital.

Les scénarios tendanciels et alternatifs détaillés dans cette fiche s'appuient sur cinq études de prospective :

- Agriculture Forêt Climat : vers des stratégies d'adaptation (AFClm) ;
- Aqua 2030 ;
- Agrimonde ;
- L'agriculture dans les zones « intermédiaires » et « à faible potentiel » ;
- Adour 2050.

2. Indicateur de cette variable

Les indicateurs permettant de caractériser cette variable sont les suivants :

- Secteurs et usages visés par l'innovation ;
- Financement de l'innovation ;
- Utilité sociétale de l'innovation.

3. Liens avec le système « Eau – Agriculture – Changement climatique »

La variable « Nouvelles technologies » a plusieurs effets sur le système « Eau-Agriculture-Changement climatique ».

Tout d'abord, les technologies peuvent impacter **l'offre en eau** aussi bien sur le volet quantitatif que qualitatif. Par exemple, les nouvelles technologies de potabilisation et d'épuration peuvent permettre d'accroître la **disponibilité** de la ressource et/ou d'améliorer sa qualité via les technologies d'épuration.

¹ Dictionnaire de français Larousse, « Définitions : technologie », consulté le 22 juillet 2021, <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/technologie/76961>.

Les technologies peuvent également jouer sur la **demande en eau** lorsqu'elles visent un usage plus **efficace** de la ressource en eau. Par exemple, l'irrigation de précision permet d'optimiser les apports d'eau et leur utilisation par la plante. Ce point est néanmoins à nuancer. En effet, les gains d'efficacité peuvent être en partie ou totalement annulés par un accroissement des usages qui en découlent : on parle alors **d'effet rebond** des nouvelles technologies.

Un autre point de vigilance concerne la **diffusion et l'accessibilité** de ces nouvelles technologies, dont le prix souvent élevé peut constituer une barrière pour certains acteurs. Dans le secteur de l'agriculture, les technologies de précision sont souvent destinées aux grandes exploitations qui disposent de revenus suffisamment élevés pour pouvoir réaliser des investissements. Derrière le déploiement des nouvelles technologies se cachent donc des **enjeux d'équité**, et tout particulièrement dans le secteur agricole.

Enfin, il faut mentionner que les nouvelles technologies peuvent parfois s'effectuer **au détriment d'une approche de sobriété** des usages, lorsque les acteurs préfèrent s'en remettre au progrès technique plutôt que de modifier leurs comportements ou leurs modes de vie.

4. Etudes rétrospectives

4.1 Liste des facteurs d'influence des nouvelles technologies

L'apparition de nouvelles technologies est influencée :

- Par la croissance économique : qui conditionne en partie le budget des Etats, et le niveau d'investissement (voir la fiche « **Croissance économique et emploi** ») ;
- L'enseignement supérieur et la recherche et développement pour la mise au point de ces innovations techniques ;
- Les infrastructures existantes.

La place que prennent ces technologies dans le système « Eau, changement climatique et agriculture » est quant à elle influencée par la croyance en le progrès technique comme solution aux problématiques environnementales, à la fois des citoyens et des pouvoirs publics.

4.2 Etude rétrospective

Cette partie n'a pas l'ambition d'être exhaustive, mais se concentre plutôt sur les grandes tendances d'évolution des technologies agricoles, de l'eau et du numérique et de leur place dans le système économique.

4.2.1 Historique

L'essor des nouvelles technologies, internet et communication (NTIC)

Les années 1970 ont permis de mettre au point les premiers combinés de communication portables et des technologies à base d'Internet. Les systèmes de communication mobiles et en ligne ont ensuite progressé rapidement à partir des années 1980, et constituent aujourd'hui la forme dominante de communication.

Au début des années 2000 le rapprochement des technologies de l'informatique, de l'audiovisuel et des télécommunications (dites « NTIC ») est facilité par la miniaturisation des composants électroniques et par l'augmentation rapide de l'accès à internet à haut débit.

L'amélioration des techniques d'épuration et de potabilisation

Le rôle des micro-organismes dans la dégradation de la matière organique est mis en évidence dès la fin du XIX^{ème} siècle tout comme l'usage du chlore comme solution de désinfection permettant de limiter le nombre de maladies transmises par l'eau. Dans les années 1960, les stations d'épuration à boues activées² en zone urbaine se développent, d'abord dans les villes, puis dans les zones rurales. A cette même époque apparaissent les procédés de coagulation par traitement chimique (dit « coagulation-floculation »)³.

² Technique mise au point dès 1914 qui permet de dégrader la matière organique (en suspension ou dissoute dans les eaux usées) par des bactéries, dans des bassins aérés.

³ Procédé reposant sur l'injection et la dispersion de produits chimiques qui permettent aux particules de s'agglutiner et de former des floccs ensuite éliminés par décantation.

Aujourd'hui, les usines de potabilisation utilisent fréquemment les propriétés du charbon actif⁴ pour filtrer et adsorber les métaux lourds, les bactéries, les virus et la grande majorité des polluants émergents (chimiques hormonaux, pharmaceutiques, pétroliers, etc.)

Le développement de la mécanisation et des intrants chimiques pour l'agriculture

En 1913, les premiers engrais chimiques sont synthétisés à partir du procédé Haber-Bosch⁵ qui deviendra par la suite l'un des piliers de l'agriculture industrielle du XXème siècle.

Le recours aux engrais de synthèse se développe très fortement dans les années 60, en même temps que les produits phytosanitaires et l'achat des premiers tracteurs par les agriculteurs. Les rendements agricoles augmentent fortement et la charge de travail par agriculteur diminue.

La décennie suivante est marquée par l'apparition du paquet technique associé à l'élevage laitier (stabulation libre, salle de traite à trois postes).

Dans les années 90, les exploitations agricoles commencent à investir dans les robots de traite et les équipements d'irrigation encouragés par la politique agricole commune avec des aides spécifiques aux surfaces irriguées en grandes cultures (réforme de 1992).

4.2.2 Tendances 1 : L'agriculture de précision et le soutien aux investissements pour la compétitivité et l'adaptation des exploitations au changement climatique

Dans le cadre de la Politique agricole commune, le gouvernement a mis en place en 2013 un **plan de compétitivité et d'adaptation des exploitations agricoles** destiné à aider les investissements réalisés par les exploitations agricoles. Ce dispositif est décliné dans chacun des programmes de développement rural régionaux. Depuis 2018, ce plan est intégré aux outils du volet agricole du Grand plan d'investissement destinés à répondre aux enjeux de modernisation des exploitations agricoles.

Pour les systèmes d'élevage, ce plan prévoit des investissements dans :

- Le matériel visant à améliorer les conditions de travail : systèmes de contention et de pesée, techniques d'information et de communication (TIC)... ;
- Le matériel visant à améliorer la qualité de l'air : couverture de fosse à lisier, laveur d'air, etc. ;
- Les équipements de biosécurité (clôtures).

Pour les grandes cultures, ce plan finance notamment :

- L'isolation des bâtiments, le réglage des engins, etc. ;
- La production d'énergie renouvelable : pompes à chaleur, chauffe-eau solaire, etc. ;
- Les investissements pour le pré- et le post-traitement des digestats pour accompagner les projets de méthanisation.

Depuis 2020, le **plan de relance** accompagne également les concepteurs et les fabricants de matériels agricoles pour qu'ils développent des agroéquipements contribuant à la transition écologique, notamment dans le secteur du biocontrôle.

Dans le même temps, l'essor des nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC) entraîne un recours accru des agriculteurs aux **plateformes de services en ligne** et autres applications mobiles. Elles se développent dans le secteur agricole et agroalimentaire, à différents niveaux de la chaîne de valeur, avec notamment :

- L'automatisation des machines agricoles qui permet un réglage précis des apports en intrants et réduit la demande de main-d'œuvre ;
- Les données de télédétection par satellite, les capteurs in situ qui permettent une surveillance plus précise et moins onéreuse de la croissance des cultures et de la qualité des terres ou des ressources en eau ;
- Les technologies de traçabilité et les services logistiques numériques (« **blockchain** » notamment) qui permettent de rationaliser les chaînes d'approvisionnement agroalimentaires tout en apportant une information fiable aux consommateurs.

⁴ Le charbon actif retient les particules de de 10 à 1 ou 2 nanomètres, comme le chlore, les pesticides et les composés organiques qui donnent à l'eau goûts et odeur.

⁵ Procédé chimique de catalyse permettant de synthétiser de de l'ammoniac (NH₃) à partir du diazote atmosphérique (N₂) et de dihydrogène gazeux (H₂).

L'intelligence artificielle gagne également le secteur agricole : la première culture entièrement robotisée, sans intervention humaine du semis jusqu'à la récolte, a ainsi été récoltée en 2017 et a marqué un tournant dans l'agriculture numérique, parfois nommée « agriculture intelligente » ou « e-agriculture ».

4.2.3 Tendance 2 : Les technologies environnementales au service de la croissance économique⁶

L'idée selon laquelle les « éco-technologies »⁷ seront le moteur d'un nouveau cycle de croissance a été promue par l'Union européenne dans son « **Plan d'action de l'Union européenne en faveur des écotecnologies** » de 2004 qui finance des projets de recherche et développement et de coopération internationale visant à accroître les connaissances sur les effets du changement climatique et à mettre au point des solutions d'évitement et d'atténuation. Le plan a par exemple financé des projets de recherche pour la fabrication de modules photovoltaïques, de piles à combustibles, de biocarburants, de stockage géologique du dioxyde de carbone, de l'hydrogène⁸.

Le Pacte vert pour l'Europe lancé en 2020 prévoit de nouveaux investissements pour atteindre la neutralité carbone en 2050, avec 100 milliards d'euros par an d'investissements dans les nouveaux projets verts et renouvelables, les transports et l'agriculture notamment, pour atteindre une baisse des émissions de gaz à effet de serre de 55%. Le Pacte vert est adossé à un programme de recherche « Horizon Europe » lancé en 2021 pour financer des « innovations vertes » regroupées en quatre familles :

- Santé des océans, des mers et des eaux côtières et intérieures ;
- Villes neutres pour le climat et intelligentes ;
- Santé des sols et alimentation ;
- Adaptation au changement climatique, y compris la transformation de la société.

Parmi ces projets figurent un projet de ferry 100 % électrique, qui fonctionne uniquement avec des batteries, la fabrication d'emballages en plastique solubles à partir de sous-produits laitiers, la fabrication de bioéthanol à faible coût dans des friches industrielles. Selon les termes de la Commission européenne, ces investissements visent à assurer une croissance durable et inclusive.

L'idée d'une économie verte est soutenue par l'ONU et trouve de nombreux échos dans les instances mondiales.

4.2.4 Tendance 3 : L'émergence des technologies reposant sur les fonctionnalités des écosystèmes à travers la promotion des « Solutions fondées sur la nature »

Le concept de Solutions fondées sur la Nature⁹ a émergé, sous l'impulsion de l'Union internationale pour la conservation de la nature (**UICN**), lors de la conférence des Parties de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) en 2009, à Copenhague. C'est à l'occasion du Congrès mondial de la nature de 2016, que la place des Solutions fondées sur la Nature dans l'atteinte des objectifs de développement durable et notamment dans l'action climatique a été réellement reconnue au niveau international, à la fois dans l'Accord de Paris mais aussi grâce à l'adoption de la motion de définition des Solutions fondées sur la Nature.

Ce concept permet de faire le lien entre biodiversité et changement climatique, puisqu'elles à utiliser les fonctionnalités des écosystèmes pour répondre à l'enjeu de lutte et d'adaptation au changement climatique. Par exemple, la restauration de certains milieux naturels comme les mangroves dans les territoires ultra-marins permet de recréer une protection naturelle contre de nombreux aléas climatiques (risques de submersion marine, cyclones, etc.) et ainsi de mieux protéger les habitants des territoires alentours. En conséquence,

⁶ Inspiré de la fiche « Economie locale, nationale et internationale » de l'étude « Agriculture Forêt Climat : vers des stratégies d'adaptation
⁷ D'après l'INSEE, il s'agit de l'ensemble des technologies qui sont en capacité de réduire les agressions environnementales, et ce par des techniques et du matériel moins nocifs et donc plus respectueux de l'environnement.

⁸ Commission européenne, *La recherche et le développement dans la lutte contre le changement climatique : l'action de l'UE pour lutter contre le changement climatique* (LU: Publications Office, 2008), <https://data.europa.eu/doi/10.2779/47690>.

⁹ D'après l'UICN, il s'agit des actions visant à protéger, gérer de manière durable et restaurer les écosystèmes naturels ou modifiés, pour relever directement les enjeux de société de manière efficace et adaptative tout en assurant le bien-être humain et en produisant des bénéfices pour la biodiversité

préserver ou restaurer ces écosystèmes contribue à accroître la résilience des territoires face aux effets du changement climatique.

En France, le nouveau **Plan National d'Adaptation au Changement Climatique** (PNACC 2) et le **nouveau Plan Biodiversité** (2018) promeuvent l'utilisation des Solutions fondées sur la Nature. L'Office Français de la Biodiversité (OFB) se charge de mettre en œuvre le projet « Life intégré ARTISAN » visant à accroître la Résilience des Territoires au changement climatique par l'Incitation aux Solutions d'adaptation fondées sur la Nature.

5. Situation actuelle et prospective sur la variable

4.1 Evolution prospective 1 : Scénario tendanciel

La grande majorité des scénarios tendanciels reposent sur un déploiement des nouvelles technologies dans un contexte de croissance modérée de l'économie. Les scénarios tendanciels détaillent assez peu sur le rôle des technologies dans l'économie à l'exception du recours croissant aux NTIC qui permettent une accélération de la circulation de l'information et une organisation du travail plus efficace.

Les normes environnementales de plus en plus exigeantes incitent les acteurs économiques à investir dans des technologies qui réduisent leur impact environnemental.

Dans le secteur agricole, les innovations technologiques sont principalement tournées vers les systèmes de grandes cultures, ce qui permet de conserver les rotations actuelles. En parallèle, les techniques culturales simplifiées et les solutions de biocontrôle se développent. Les agriculteurs se dotent d'outil de pilotage de la fertilisation et de l'épandage de produits phytosanitaires pour apporter la juste dose au bon moment.

4.2 Evolution prospective 2 : Croissance économique soutenue par les technologies environnementales

Ce scénario cherche à concilier croissance économique, poursuite de l'anthropisation et lutte contre le changement climatique et les dérèglements environnementaux par des investissements dans les nouvelles technologies. La relance économique est ainsi portée par les investissements dans différents secteurs, les processus économes ou moins polluants générant de nouveaux produits/services exportables et à forte valeur ajoutée. Ces nouvelles technologies touchent tous les secteurs de l'économie, et notamment :

- L'agriculture de précision, qui devient la norme dans le secteur agricole, et est principalement destinée aux grandes exploitations, dans un contexte de concentration croissante des surfaces agricoles ;
- Les solutions technologiques d'épuration et potabilisation moins consommatrices d'énergie ;
- La valorisation des déchets et des effluents industriels : outre la réduction des impacts environnementaux, elle constitue un atout compétitif tant en termes d'économie qu'en terme d'argument de marketing (labellisation) ;
- Le développement des techniques participant aux économies d'eau et à la création de ressources : réutilisation des eaux usées traitées (REUT), récupération des eaux de pluie, amélioration des capacités de stockage des sols ;
- Le développement et l'intensification de l'aquaculture : de nouvelles technologies d'élevage dans des bassins en circuit fermés permettent de répondre aux normes environnementales ;
- L'investissement dans le haut débit pour désenclaver les territoires agricoles peu dynamiques.

Ce scénario s'accompagne rarement d'un changement des comportements et du mode de vie des populations. Le recours aux nouvelles technologies environnementales est donc souvent à l'origine d'un effet rebond, notamment dans le secteur agricole où l'amélioration des techniques d'irrigations entraîne une augmentation des surfaces irriguées.

Suivant les études, le financement des technologies s'effectue par :

- Par le biais d'appels à projets (institutions internationales, Commission européenne, état, etc.) qui favorisent les partenariats entre les acteurs ;
- L'augmentation du prix de l'eau ;
- L'allègement de certaines taxes permettant d'accélérer l'innovation.
- Des aides gouvernementales en direction des start-ups.

4.3 Evolution prospective 3 : Scénario de sobriété qui s'appuie sur des technologies douces/fondées sur la nature

Ce scénario s'inscrit dans un scénario plus général de sobriété des usages avec un changement des comportements et du mode de vie, qui cherche à limiter l'effet rebond des technologies environnementales. Consciente de l'impact du changement climatique et de la dégradation des ressources naturelles, la population consent à payer pour préserver l'environnement (via la taxation ou le paiement pour services écosystémiques).

Ce scénario repose en grande partie sur les « écotecnologies »¹⁰ et les Solutions fondées sur la Nature comme par exemple :

- Des solutions plus intégrées de potabilisation et d'épuration utilisent davantage les fonctionnalités des milieux naturels (zones humides artificielles par exemple) ;
- La collecte et le traitement des eaux pluviales ;
- L'éco-ingénierie pour restauration des cours d'eau pour assurer la continuité biologique et sédimentaire
- Dans le secteur agricole : de nouvelles formes de recherche et développement, plus collaboratives (type recherche-action) sont menées avec des expérimentations sur les exploitations qui impliquent directement les agriculteurs (type Groupe de Recherche en Agriculture Biologique).

Ce scénario fait parfois référence à des innovations sociales au service des territoires et pilotées par les collectivités territoriales (fourniture de biens, de services générant une valeur ajoutée pour les territoires, mise en réseau des acteurs territoriaux etc).

6. Pour aller plus loin

Logo	Nom	Détails
	Vert J., Schaller N., Villien C. (coord.), « Agriculture Forêt Climat : vers des stratégies d'adaptation », Centre d'études et de prospective, Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt, 2013.	Variables « Diffusion de l'innovation » et « Liens entre recherche/agriculteurs et forestiers/conseillers » déclinées dans les fiches « Accompagnement technique et économique des agriculteurs » et « Croissance économique, française, européenne, mondiale ». https://agriculture.gouv.fr/faits-tendances Scénarios présents : <ul style="list-style-type: none"> - L'innovation au service des territoires et des avancées sociales ; - Croissance verte tirée par des investissements massifs dans les technologies environnementales - Crise économique avec des investissements très ciblés dans l'innovation
	Irstea et Futuribles, « Aqua 2030 -Prospective Eau, Milieux Aquatiques et Territoires Durables 2030 », 2013.	Fiche variable « Technologies agricoles. » Scénarios présents : <ul style="list-style-type: none"> - Croissance verte tirée par les technologies environnementales ; - Déploiement des écotecnologies.
	Dorin B., Paillard S., « Agrimonde : Agriculture et alimentations du monde en 2050 : scénarios et défis pour un développement durable », 2009.	Variable « Transformation : organisation et technologies de production ». Scénarios présents : <ul style="list-style-type: none"> - Croissance verte tirée par les technologies environnementales



Acteon environnement, Futuribles,
CACG, « Etude prospective Adour
2050 », 2015-2018 .

futuribles
L'anticipation au service de l'action



La dimension technologie est présente dans les Fiches variables
« Ressources en eau non conventionnelles », « Pratiques
agricoles »

Scénarios présents :

- Les technologies environnementales au cœur du développement économique ;
 - Scénario des « tous petits pas » : concilier économie et environnement par l'intervention de la puissance publique ;
 - Prise en compte pro-active de l'environnement dans les politiques publiques (technologies épuratoires et de restauration des milieux notamment).
-