

L'Agroécologie : **un retour à la bêche et la charrue ?**



iles de paix

humundi
SOS FAIM

L'Agroécologie : un retour à la bêche et la charrue ?

TABLE DES MATIÈRES

1.	L'épopée de la modernisation agricole	3
	Les promesses de l'innovation technique	3
	Comment le progrès s'est invité dans les fermes	6
2.	Les angles morts du modèle agrotechnique industriel	8
	Les coulisses d'un progrès pas si neutre	8
	Une agriculture sous stéroïdes à bout de souffle	11
3.	Refonder le rapport à la technique agricole	15
	Un cadre fédérateur pour des techniques au pluriel	15
	Trier, réorienter (ou abandonner) des techniques	20
	Vers une démocratie technique	23
4.	L'agroécologie : un modèle qui reconnecte la technique au vivant	27
	Notes bibliographiques	29

La réalisation de la Collection Phosphore est une collaboration entre les ONG Autre Terre, Humundi et Iles de Paix.

Auteur

Naike Alberti

Coordination

Naike Alberti, Laura Deflandre, Olivier Genard.

Comité de pilotage

Naike Alberti, Pierre Coopman, Laura Deflandre, Olivier Genard, François Grenade, Anaïs Henry, Jonas Jaccard.

Réalisation - infographies

<https://www.marmelade.be>

Photos

couverture 1 : Petr Magera on Unsplash, couverture 4 : Erik Mclean on Unsplash
Tous droits de reproduction réservés
Imprimé sur papier recyclé.

Éditeur Responsable

Vincent Oury
4^{ème} Avenue, 45 – 4040 Herstal

Avec le soutien de la

fédération Wallonie-Bruxelles



FÉDÉRATION
WALLONIE-BRUXELLES

et de la Direction générale de la coopération au développement (DGD)



Belgique

partenaire du développement

Numéro de dépôt légal : D/2024/3350/01

ISSN 2983-8630

La collection Phosphore est une série d'études lancée par le collectif SIA (Humundi, Iles de Paix, Autre Terre) sur les enjeux des systèmes alimentaires. Elle se caractérise par l'analyse d'enjeux contestés qui animent les arènes de décision des systèmes alimentaires. Elle cherche à comprendre les grilles de lecture qui sous-tendent les discours politiques, les arguments en compétition et leur validité scientifique. Chaque numéro se veut un état des lieux d'un débat, et vise à armer les lecteurs dans la controverse.

Face aux crises multiples qui menacent l'avenir des systèmes agricoles, une promesse traverse les discours dominants : celle d'un progrès technique incessant et salvateur. Des applications mobiles pour le suivi des cultures à la robotisation des exploitations, des drones à l'intelligence artificielle, une fois encore l'innovation technologique est présentée comme la solution miracle réconciliant croissance et durabilité sans qu'il soit nécessaire de déranger les équilibres existants. Ce récit repose sur une vision linéaire du développement technique, dans laquelle toute remise en question de la trajectoire dominante signerait une condamnation à l'archaïsme et à l'inefficacité. La question posée dans le titre de cette nouvelle édition de Phosphore se veut provocatrice, résumant pourtant l'une des principales accusations qui est adressée à l'agroécologie : celle d'un romantisme passéiste, d'un retour en arrière incompatible avec l'exigence de nourrir la planète. Mais de quel progrès parle-t-on ? Pour qui ? À quel prix ?

1.

L'épopée de la **modernisation agricole**

« Les ouvriers des usines, les manœuvres sur les chantiers de construction et les employés qui occupent des emplois administratifs ont déjà une semaine de travail de cinq jours et deux semaines de vacances annuelles. Bientôt, ils pourraient avoir une semaine de travail de quatre jours et quatre semaines de vacances par an. Et l'agriculteur : il est condamné à travailler une semaine de sept jours parce que la vache de cinq jours n'a pas encore été inventée. »

Sicco Mansholt¹

Les promesses de l'innovation technique

Le récit de la modernisation agricole proclame que grâce à l'alliance entre science et technique, l'humanité pourra **produire plus, plus vite, et avec moins de peine**. Il repose sur une vision – celle d'un monde libéré de la faim et du labeur – qui, depuis près d'un siècle, façonne les imaginaires et les politiques agricoles mondiales. Après une gestation dans les campagnes du Royaume-Uni et des États-Unis, le premier chapitre de cette narration s'ouvre en grande pompe lors de la reconstruction qui suit la Deuxième Guerre mondiale, avec deux promesses fondamentales : nourrir l'Europe et délivrer de la pénibilité du travail agricole².

Dans ce contexte, l'agriculture de petite échelle, considérée comme désuète, est appelée à **suivre le rythme du progrès** faisant place à des grandes unités mécanisées. Cela implique d'abandonner les anciennes pratiques, de rationaliser l'exploitation en fusionnant les fermes, de former les paysannes aux nouvelles techniques et d'encourager

les départs de la campagne vers la ville³. La recette s'**inspire du modèle industriel** : automatisation, standardisation, spécialisation, concentration des moyens de production. Les États, les institutions internationales et les grands acteurs de l'industrie s'accordent sur une équation : pour résoudre la faim, il faut augmenter la production. La « **Révolution verte** », une vaste campagne de transformation agricole lancée dès les années 1960, traduit cette logique à l'échelle mondiale⁴. Cet effort semble couronné de succès : les rendements du riz et du blé augmentent dans plusieurs pays d'Asie et d'Amérique latine⁵. C'est ainsi qu'en 1970 l'agronome états-unien Norman Borlaug, un des « pères » inspirateurs de ce projet crédité d'avoir sauvé plus d'un milliard de personnes dans le monde de la famine⁶, reçoit le prix Nobel de la paix.

Alors que la modernisation agricole des Trente Glorieuses avait pour horizon l'industrialisation à tout prix, celle du XXI^e siècle prétend répondre aux critiques écologiques qui ont émergé depuis : pollution, perte de biodiversité, dégradation des sols, émissions de gaz à effet de serre. Ainsi, un demi-siècle plus tard, alors que l'élan de la première vague modernisatrice com-

Les innovations ne sont pas seulement présentées comme utiles, elles sont souvent décrites comme incontournables, nécessaires, salvatrices.

mence à s'essouffler sous les coups d'un plafonnement des rendements et des « externalités négatives »⁷, une deuxième se fraye le chemin sous le sceau de l'« **Agriculture 4.0** » s'en voulant la mise à jour numérique au service d'une production plus durable, plus précise et plus intelligente⁸. En référence explicite à la « quatrième révolution industrielle » (voir Schéma p.5), concept popularisé par l'ancien président exécutif du Forum économique mondial Klaus Schwab⁹, ce terme indique l'incorporation dans l'agriculture de technologies de pointe telles que l'internet des objets, l'intelligence artificielle, la télédétection et la robotique avancée¹⁰. Les publications mettant en avant ces innovations sont peuplées de machines hyper-sophistiquées et se doublent d'un **imaginaire spectaculaire** où le gigantisme des machines laisse place à l'omniprésence des données¹¹.

Les nouvelles promesses de changement reposent sur un constat initial d'apparence consensuelle : notre système alimentaire est en crise. La suite relève d'un schéma narratif où les géants de l'agroalimentaire et du numérique s'érigent en protagonistes incontournables de la « transition alimentaire » promouvant des percées révolutionnaires capables de changer la donne¹². Cette narration se caractérise par le déploiement d'un **lexique disruptif** (« solutions d'avenir », « outils de demain »), qui toutefois ne s'accompagne pas d'une remise en question tout aussi frappante du système à la racine, ainsi que par celui d'une rhétorique de l'inévitabilité (« il faut bien avancer », « on ne peut pas revenir en arrière »), qui impose une temporalité d'urgence et un impératif d'adhésion – n'en déplaise à toute voie alternative¹³. Les innovations ne sont pas seulement présentées comme utiles, elles sont souvent décrites comme incontournables, nécessaires, salvatrices.

Si ce récit s'appuie sur des attentes légitimes de transformation (on y parle de « nourrir 10 milliards d'humains », de « relever les défis du XXI^e siècle »), il est **sélectif dans ses représentations** : il invisibilise les causes structurelles de la faim (inégalités de l'accès aux res-

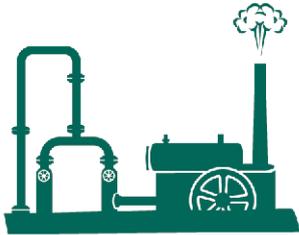
sources, de la redistribution des fruits du travail), valorise certains types d'innovation (mécaniques, numériques) au détriment d'autres (sociales, agroécologiques), se concentre sur des critères d'évaluation (rendement, rentabilité) tout en négligeant d'autres (bien-être, résilience)¹⁴. Il fait preuve d'une **vision réductionniste**, simplifiant des problèmes complexes et systémiques en dysfonctionnements techniques aux solutions standardisées¹⁵. Finalement, en plaçant la seule technologie au centre des solutions, ce récit permet de **repousser des questions politiques gênantes** : il ne s'agit pas de redistribuer le pouvoir dans la chaîne alimentaire ou d'interroger les logiques d'exploitation et de production, mais d'optimiser l'existant. Le train de la « transformation numérique » est en marche, dit-on, et il faut monter à bord ou être laissé pour compte. Mais qui décide du trajet, des arrêts, des priorités ?

À RETENIR :

- [Depuis l'après-guerre, le récit de la modernisation agricole promet une agriculture plus productive et moins pénible s'inspirant du modèle industriel.
- [Aujourd'hui, le récit se met à jour : l'« Agriculture 4.0 » introduit des outils numériques pour une production plus « durable », sans remettre en cause le paradigme dominant.
- [Cette nouvelle vague technologique diffuse un discours de rupture et d'urgence, présentant toute alternative comme rétrograde ou naïve.

Une évolution linéaire : les concepts d'**Industrie et Agriculture** de 1.0 à 4.0

INDUSTRIE



1780

MÉCANISATION

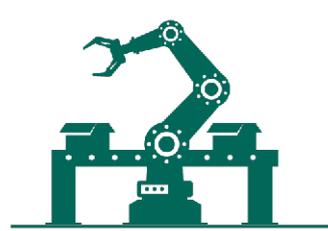
Charbon, machines à vapeur, systèmes mécaniques



1870

MASSIFICATION

Pétrole, ligne d'assemblage, production de masse



1970

AUTOMATISATION

Robotique, systèmes de gestion informatisés



2020

NUMÉRISATION

Internet des objets, systèmes cyber-physiques

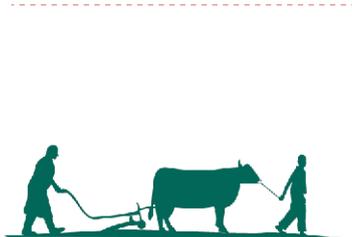
1.0

2.0

3.0

4.0

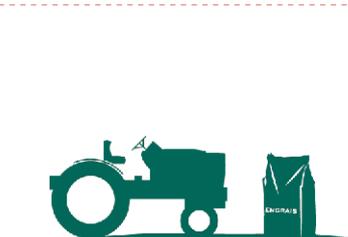
AGRICULTURE



JUSQU'AU
XX^{ÈME} SIÈCLE

AGRICULTURE TRADITIONNELLE,

Outils simples, travail manuel et/ou animal



1950

AGRICULTURE MODERNE

Tracteurs, engrais minéraux, pesticides



1990

AGRICULTURE DE PRÉCISION

GPS, GIS, VRA, simulations informatiques



2030?

AGRICULTURE INTELLIGENTE

IA, capteurs, big data robots autonomes

Comment le progrès s'est invité dans les fermes

Contrairement à une vision qui reste encore assez répandue, le développement technologique ne relève pas d'une dynamique linéaire et irrésistible, ralentie ici ou là par des contextes culturels, politiques ou économiques défavorables. C'est bien une **volonté politique affirmée** qui a façonné les traits distinctifs de la modernisation agricole tout au long du XX^{ème} siècle, avec le renfort de l'arsenal complet des dispositifs d'action publique (exhortatifs, financiers, réglementaires et aussi coercitifs).

Cette trajectoire se dessine de manière particulièrement claire dans l'après-guerre, période où les sociétés européennes sont encore profondément marquées par les pénuries et les famines. L'urgence est alors de garantir la sécurité alimentaire des populations et d'éviter le retour des privations, souci qui motive une mobilisation sans précédent à produire avec plus de volume et de régularité. Cependant, la modernisation confie à l'agriculture une autre mission tout aussi fondamentale : devenir une fonction de support au **développement de l'industrie**, considéré le secteur stratégique clé pour la prospérité des nations¹⁶. Elle est ainsi appelée à **libérer de la main-d'œuvre** pour les usines urbaines et à absorber une partie de la capacité de production de l'appareil militaro-industriel, devenu surdimensionné avec la fin des hostilités. Les chars sont reconvertis en tracteurs, les explosifs en engrais azotés, les gaz de combat ouvrent la voie aux premiers pesticides¹⁷.

Dans cette logique, les États se muent en ingénieurs sociaux de la **transformation rurale**. En Europe, les paysages sont redessinés pour accueillir les machines agricoles¹⁸, des politiques ciblées organisent la disparition des exploitations jugées « trop petites » ou « en surnombre » via des aides au départ et des seuils minimaux d'installation¹⁹. L'État finance les infrastructures (transports, élec-

trification, irrigation), soutient les investissements dans la mécanisation, les engrais et la sélection variétale, met en place des incitations financières à la capitalisation des fermes, forme les agriculteur-rices à la nouvelle logique technique²⁰. Les chambres d'agriculture et les syndicats agricoles jouent un rôle de relais, contribuant à la diffusion du nouveau modèle. Dans la Communauté économique européenne, la Politique agricole commune (PAC) parachève cette orientation avec le plan Mansholt, qui en 1968 envisage la sortie de 5 millions de paysan·nes du secteur, incitant davantage la concentration foncière et la mécanisation²¹. À Washington, la devise en matière n'est pas différente, résumée par les détracteurs des politiques du secrétaire des Etats-Unis à l'agriculture E. T. Benson dans la formule « get big or get out »²².

Dans d'autres continents (paradigmatiques les exemples du Mexique, l'Inde et les pays de l'Asie du Sud-Est) le projet modernisateur procède avec des dynamiques similaires²³. Ici aussi, **l'État joue un rôle moteur** : les gouvernements, avec l'appui de bailleurs internationaux, investissent dans la recherche agronomique, les infrastructures hydrauliques, l'accès aux intrants et au crédit²⁴. Le tout se déroule dans une dynamique fortement encadrée (et financée) par les fondations Rockefeller et Ford en partenariat avec le gouvernement des Etats-Unis et les agences onusiennes²⁵. En effet, si le récit fondateur reste celui de la lutte contre la faim, l'objectif est géopolitique et néocolonial autant qu'humanitaire : accroître, d'une part, la production des zones agricoles stratégiques évitant une déstabilisation des campagnes qui favoriserait l'influence soviétique, et d'autre part, insérer les paysan·nes dans une économie d'exportation créant des nouveaux marchés pour les industries du Nord Global²⁶. La modernisation agricole bénéficie alors d'un **large soutien** : chez les responsables politiques, chez nombre d'économistes, mais aussi dans une partie importante du monde agricole, lassé de la précarité et séduit par les promesses de

revenus stables, de mécanisation et de reconnaissance sociale²⁷. Et à bien des égards, ce modèle a en bonne partie **répondu aux attentes de l'époque**, notamment en matière de productivité et de sécurité alimentaire. La croissante convergence d'intérêts entre États, entreprises agroalimentaires et syndicats agricoles majoritaires, a ainsi depuis configuré l'émergence de ce qui a été récemment défini comme un véritable **complexe agro-industriel**²⁸. Un complexe qui englobe un large éventail d'autres acteurs (conseil, assurance, certification, presse spécialisée, enseignement, recherche agricole...) lesquels, à l'exception de voix critiques minoritaires, contribuent encore aujourd'hui à façonner l'imaginaire agricole dominant, renforçant l'idée qu'il n'existe aucune alternative crédible au modèle en place.

La vague néolibérale inaugurée par Margaret Thatcher et Ronald Reagan dans les années 1980 a généré une reconfiguration silencieuse au sein du complexe agro-industriel. Assis par le désengagement progressif de la régulation publique en faveur de la prétendue impartialité des mécanismes du « marché », un **oligopole restreint d'acteurs privés** a depuis acquis une place toujours plus centrale dans les segments clés des chaînes agroalimentaires mondiales (semences, intrants, distribution, certification), influençant fortement les normes, les brevets et les agendas d'innovation qu'y sont associées²⁹. Dans ce socle, on assiste aujourd'hui à une convergence entre les firmes agroalimentaires et les géants du numérique au cœur du nouveau projet d'agriculture 4.0. C'est ainsi que des nouvelles start-ups – souvent filiales ou partenaires des GAFAM – proposent désormais des « solutions intégrées » allant de la génétique végétale au traitement algorithmique des données de rendement³⁰.

À RETENIR :

- [La modernisation agricole n'est pas le fruit d'un progrès spontané ou inévitable, mais le résultat de politiques volontaristes des États.
- [Dans la CEE et aux USA, l'agriculture s'est vue confier la double fonction de nourrir les populations et de soutenir le secteur industriel.
- [Sous impulsion nord-américaine, ce modèle s'est propagé aussi pour ouvrir de nouveaux marchés et contenir l'instabilité sociale limitant l'influence soviétique.
- [Un large consensus et une convergence d'intérêts entre États, industries et syndicats agricoles a érigé la modernisation agroindustrielle en horizon indiscutable.
- [Le tournant néolibéral a désengagé l'État régulateur au profit d'acteurs privés mondiaux, dynamique amplifiée aujourd'hui par l'entrée en scène des géants du numérique.

Objets techniques emblématiques de la modernisation agricole³¹

> Agroéquipement



Tracteur (4 roues)

Véhicule automoteur polyvalent de puissance entre 50-600 chevaux. Il peut atteler des outils, éventuellement actionnés par prise de force.



Épandeur (à chute)

Se compose d'une trémie et d'un distributeur. Repart homogènement les granulés d'engrais sur le sol.



Charue (à versoir)

Outil avec de lames incurvées qui retournent des bandes de terre. Travaille le sol entre 15-25 cm de profondeur.



Herse (rotative)

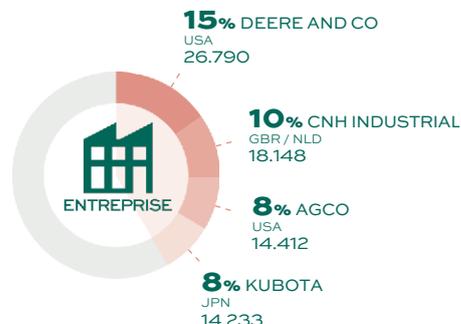
Outil avec des plateaux tournants à axe verticaux. Émiette le sol entre 5-10 cm de profondeur pour préparer les semis.



Pulvérisateur

Se compose d'un réservoir de liquide, d'une pompe à pression et d'une buse. Asperge le champ de pesticides.

Top 4 des ventes (millions US\$) et des parts de marché mondial (%) en 2023



TOTAL DU TOP 4: **43%** 73.583

2.

Les angles morts du **modèle agrotechnique industriel**

Les coulisses d'un progrès pas si neutre

Les innovations techniques incarnent **des intentions, des visions du monde, des choix**. Mais, loin d'être un vecteur neutre et spontané de progrès partagé, elles se révèlent plutôt comme quelque chose d'ambigu et polyvalent. Comme le souligne une longue tradition d'études en sciences sociales, souvent elles se traduisent dans une répartition inégalitaire de bénéfices, et peuvent simultanément servir comme instrument de domination pour extraire de la valeur, déposer des moyens de subsistance, discipliner le travail, centraliser le pouvoir³³.

L'histoire invite à une **prudence critique quant aux gains technologiques**. Au XI^{ème} siècle, des innovations telles que la charrue à versoir ou la rotation triennale ont certes permis d'accroître les rendements en Europe. Cependant, le surplus généré a principalement enrichi les seigneurs et le clergé, tandis que les paysan·nes travaillaient davantage pour une espérance de vie plus courte que celle de nos ancêtres chasseurs-cueilleurs³⁴. Les cathédrales gothiques témoignent encore aujourd'hui de cette captation (en France près de 20% du revenu de la production agricole y était consacré à l'époque)³⁵. En 1793, l'invention d'une égreneuse (le « cotton gin ») aux États-Unis suscite une augmentation importante de la productivité et de la rentabilité du coton. Mais il en découle – plutôt qu'une amélioration des conditions de travail – un recours plus important à l'esclavage pour répondre à

la demande en main-d'œuvre³⁶. En Angleterre, quelques années plus tard, les ouvrier·ères agricoles commencent à être progressivement remplacés par des batteuses mécaniques, ce qui entraîne une baisse des salaires et une précarité accrue pendant les mois d'hiver. En réponse à une automatisation perçue non comme une libération mais comme une dépossession, ils détruisirent alors des centaines de machines pendant les « Swing Riots »³⁷.

Le chercheur Richard Sclove opère à ce propos une distinction entre **effets « focaux » et « non focaux »** d'une technologie³⁸. L'effet focal d'un outil c'est son but explicite, celui qui en justifie l'adoption : les **semences à « haut potentiel »**, par exemple, en permettant de décupler les rendements de certaines céréales, ont favorisé une croissance spectaculaire de la production alimentaire. Mais tout outil engendre aussi des effets non focaux qui impactent les relations sociales et l'environnement : la focalisation sur un nombre très limité d'espèces cultivées (riz, blé, maïs occupent aujourd'hui 40% des terres arables et concentrent plus de 50% de l'apport calorique humain³⁹) a également encouragé des régimes alimentaires peu variés, avec des retombées négatives sur la santé publique (malnutrition, obésité, carences)⁴⁰. Même constat pour les **engrais minéraux** : s'ils ont facilité la nutrition végétale, leur utilisation systématique entraîne une acidification du sol, l'inhibition de la fixation naturelle d'azote par les plantes, l'émission de puissants gaz à effet de serre, l'eutrophisation des eaux⁴¹. Les **pesticides**, quant à eux, ont permis de simplifier le contrôle des « bioagresseurs » (adventices, ravageurs, maladies cryptogamiques...). Cependant,

« Une technologie puissante introduite dans une société injuste élargira toujours l'écart entre les puissants et les impuissants. »

Pat Mooney³²

Le coût des « externalités » liées au système alimentaire actuel a été estimé à au moins 12.000 milliards de dollars par an, soit près de 10 % du PIB mondial.

leur bioaccumulation s’est traduite par une chute dramatique des pollinisateurs (insectes, oiseaux...), des effets délétères sur la santé humaine (intoxications aiguës, cancers, maladies neurodégénératives...) et une résistance accrue des organismes pathogènes⁴². Et encore, la **mécanisation** a permis d’augmenter la productivité par unité de main-d’œuvre et réduire la pénibilité de certaines tâches agricoles (moins de binage manuel, de battage au fléau, de traite à la main...). Toutefois, elle est également liée à une accélération de la concentration foncière, un exode rural massif, et une simplification du paysage⁴³.

Globalement, le coût des « externalités » liées au système alimentaire actuel a été estimé à au moins 12.000 milliards de dollars par an, soit près de 10 % du PIB mondial⁴⁴. Ce calcul ne considère d’ailleurs pas des conséquences de premier plan induites par l’adoption du paquet agrotechnique moderne telles que les **dynamiques structurelles d’exploitation et dépendance énergétique** (carburant des machines, fabrication des engrais, réseaux d’irrigation...), logistique et financière (accès à des marchés mondialisés, infrastructures de stockage et transformation, endettement pour s’équiper...), cognitive et institutionnelle (conseils techniques, semences brevetée, normes de qualité...), vis-à-vis à un oligopole d’acteurs transnationaux qui concentrent les profits. Les petites actrices de la production, transformation, distribution et consommation alimentaire deviennent ainsi toujours plus de simples maillons d’un système tributaire de flux d’énergie, d’information, de capitaux et de décisions exogènes sur lesquels iels ont peu (ou aucune) prise directe.

Ces dynamiques **risquent de s’exacerber dans les scénarios de numérisation** de l’agriculture, avec les colossaux volumes de données générées par les capteurs, drones et logiciels agricoles représentant un immense gisement de profits – non pas pour ceux-les qui les produisent sur le terrain, mais pour les géants du numérique⁴⁵. Elles risquent également de prendre des nouvelles formes : sera-t-il possible de délocaliser la conduite des machines à des opérateurs-rices en télétravail dans des pays à faible coût de main-d’œuvre, pendant qu’un-e « agri-manager » supervise les travaux sur son smartphone ? Si les individus et les collectifs peuvent, dans une certaine mesure, résister à l’imposition de technologies, ainsi qu’adapter, détourner, réinterpréter les outils, cette possibilité tend à se rétrécir à mesure que les systèmes technologiques se complexifient, que les interdépendances s’accroissent, que des brevets verrouillent les usages, que des oligopoles imposent des standards.

S’il serait réducteur de nier les progrès réalisés grâce à l’agrotechnique moderne, il est essentiel de reconnaître qu’une technologie ne se résume jamais à ses effets « focaux » : elle engendre une multitude de conséquences, parfois plus profondes et pérennes. Ces répercussions peuvent être **négligées, exploitées, ou même délibérément anticipées** pour servir des intérêts particuliers⁴⁶. Et, dans un contexte où certaines voix dominent le débat public (ou ce débat n’a pas lieu), les choix technologiques tendent à refléter des **biais en faveur d’intérêts hégémoniques**. Cette dynamique est analysée à l’aide d’une ample série de travaux multidisciplinaires

» Variétés à Haut Rendement



Riz
Le rendement potentiel des variétés modernes de riz est 10 à 11 tonnes/ha (dans des conditions « idéales »)

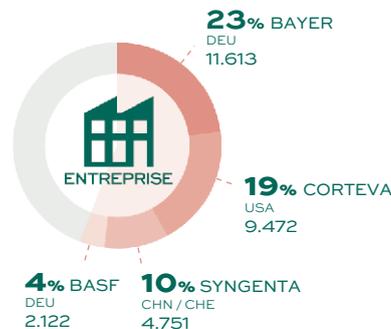


Maïs
Le rendement potentiel des variétés modernes de maïs (grain) est 11 à 14 tonnes/ha (dans des conditions « idéales »)



Blé
Le rendement potentiel des variétés modernes de blé est 10 à 11 tonnes/ha (dans des conditions « idéales »)

Top 4 des ventes (millions US\$) et des parts de marché mondial (%) en 2023



TOTAL DU TOP 4 : **56%** 27.958

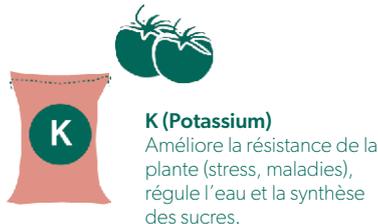
» Engrais minéraux



N (Azote)
Favorise et accélère la croissance végétative (tiges, feuilles).

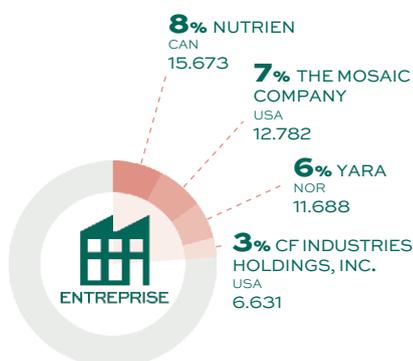


P (Phosphore)
Stimule le développement racinaire, la floraison et la formation des graines.



K (Potassium)
Améliore la résistance de la plante (stress, maladies), régule l'eau et la synthèse des sucres.

Top 4 des ventes (millions US\$) et des parts de marché mondial (%) en 2023



TOTAL DU TOP 4: **24%** 46.774

par les prix Nobel d'économie Daron Acemoglu et Simon Johnson, qui identifient trois mécanismes clés expliquant la consolidation d'un récit technologique spécifique⁴⁷. D'abord, l'inégalité d'accès aux moyens d'information et persuasion : ceux-les qui disposent de davantage de **capital** (financier, social, culturel, symbolique⁴⁸) sont mieux positionnés pour diffuser et promouvoir leurs solutions. Ensuite, les ressorts psychologiques de la **surimitation**, qui poussent à copier et reproduire les modèles dominants de succès sans les remettre en question, même lorsqu'ils s'avèrent préjudiciables à long terme. Enfin, la capacité d'un discours à se présenter comme **neutre, naturel, universel**, orienté vers le bien commun, même lorsqu'il favorise des intérêts particuliers.

Le récit de la modernisation agricole constitue ainsi un **appareil de légitimation** pour un oligopole d'acteurs dominant le complexe agro-industriel. En établissant un lien indissociable entre des objectifs consensuels (comment s'opposer à l'idée de nourrir la planète ou de soulager un travail rude ?) et des moyens dont les effets collatéraux sont minimisés, ce récit brouille les cartes présentant ses propres solutions techniques comme des réponses incontournables – tout en reléguant hors du champ du débat public les autres options sur la table. Naturalisant l'artifice, des choix politiques sont ainsi habilement **déguisés en fatalités techniques**. Pourtant, il n'existe pas de voie unique. Chaque choix technologique est, intrinsèquement, un choix politique aux implications multiples. Et tant que ces choix seront faits sans un débat véritablement démocratique, ni une véritable prise en compte des enjeux de justice sociale et environnementale, la modernisation agricole – qu'elle soit mécanique, chimique, génétique ou numérique – continuera de perpétuer, voire d'aggraver, les déséquilibres qu'elle prétend résoudre.

À RETENIR :

- [La technologie n'est jamais neutre : elle véhicule des visions du monde et peut améliorer certaines conditions, mais également constituer un vecteur de domination.
- [L'histoire de la technique rappelle que les avantages de l'innovation ont souvent bénéficié davantage à une minorité qu'à la majorité.
- [Les effets « non focaux » sociaux et écologiques de la modernisation technique agroindustrielle sont massifs (malnutrition, pollution, maladies, perte de biodiversité...).
- [La numérisation risque d'accentuer la concentration de pouvoir et ouvrir la voie à une nouvelle vague d'extraction de valeur par les géants du numérique.
- [Le récit de la modernisation contribue à renforcer le modèle dominant et à occulter ses alternatives.

Une agriculture sous stéroïdes à bout de souffle

Une des argumentations majeures en faveur de la modernisation agricole, qui a tendance à obscurcir toute autre considération, est sa formidable réussite en matière de productivité. Certes, reconnaissent même ses promoteur-rices, cette révolution s'est accompagnée de coûts sociaux et environnementaux considérables. Mais mettons de côté les réserves

Mesurer la performance agricole uniquement en termes de rendement à l'hectare ou par heure de travail revient à juger un moteur uniquement à la vitesse qu'il atteint, sans se demander combien de carburant il consomme.

quant aux intérêts particuliers sous-jacents le projet de modernisation agricole et supposons qu'il s'agisse d'erreurs en cours de route – potentiellement corrigibles grâce à la nouvelle vague d'innovations de l'Agriculture 4.0. La prétention du récit dominant selon laquelle l'agriculture industrielle – au niveau strictement technique – serait la plus productive, la plus effi-

Qu'est-ce qu'une **technologie** ?⁴⁹

Le mot « technologie » a ses racines dans les mots grecs « techne » (façon de faire) et « logos » (ensemble de connaissances). Bien que ce terme soit souvent utilisé comme synonyme d'innovation industrielle ou de machinerie complexe, quelque chose n'a pas besoin d'être « high-tech » pour être considéré comme une technologie : essentiellement, il s'agit de tout ensemble de savoirs, de gestes et d'outils organisés dans un système qui permet à un groupe/société de transformer son environnement pour satisfaire ses besoins. Cela se manifeste souvent sous des formes physiques qui peuvent englober un large éventail d'articles du quotidien.

On a souvent tendance à aborder la technologie de manière assez tranchée :

- **La technologie est négative** : elle est la racine de nos problèmes, la seule solution est de la rejeter dans la mesure du possible.
- **La technologie est positive** : elle définit le progrès et fournit les solutions dont nous avons besoin pour résoudre tous nos problèmes.
- **La technologie est neutre** : elle n'est ni intrinsèquement bonne ni mauvaise, sa valeur dépend de la façon dont elle est utilisée.

Ces cadres entravent toutefois notre capacité à bien comprendre le rôle que la technologie joue la dans nos vies. Il existe une autre perspective :

- **La technologie est politique** : elle n'est ni « bonne », ni « mauvaise », ni « neutre » ; elle incarne de choix qui reposent sur de processus, de connaissances et de systèmes profondément politiques.

ciente et la plus (voire la seule) à même de nourrir le monde résiste-t-elle à l'épreuve des faits ?

Mesurer la performance agricole uniquement en termes de **rendement à l'hectare ou par heure de travail** revient à juger un moteur uniquement à la vitesse qu'il atteint, sans se demander combien de carburant il consomme – ni combien il en restera demain pour continuer à le faire tourner. Or, si l'on prend le temps de remonter à ses fondements physiques, l'image d'une agrotechnique moderne hyper-efficace se brouille rapidement. Un indicateur clé pour mesurer cette réalité est le

> Pesticides synthétiques



Herbicides

Substances ayant la propriété de tuer de manière indiscriminée (ex. Glyphosate) ou sélective (ex. Atrazine) des végétaux, utilisées contre les « adventices ».

Insecticides

Substances ayant la propriété de tuer les insectes (ou d'autres arthropodes comme les araignées ou acariens), utilisées contre les « ravageurs ».

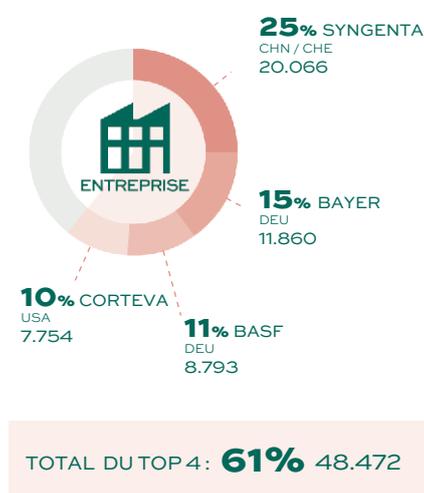


Fongicides

Substances ayant la propriété de limiter le développement des champignons (ou d'autres organismes apparentés comme les Oomycètes), utilisées contre les « maladies cryptogamiques ».



Top 4 des ventes (millions US\$) et des parts de marché mondial (%) en 2023



« **taux de retour énergétique** » (TRE), c'est-à-dire le rapport entre la quantité d'énergie qu'un système restitue et celle qu'il mobilise pour fonctionner. Lorsque les humains vivaient de chasse, pêche, cueillette ou de formes de proto-agriculture, le TRE atteignait des ratios remarquablement élevés, de l'ordre de 20:1 à 69:1⁵⁰. Autrement dit, pour chaque calorie dépensée, ces sociétés en obtenaient 20 à 69 en retour.

À partir du Néolithique, la création d'agroécosystèmes domestiqués – bien que moins productifs que les écosystèmes sauvages – a permis de canaliser la production vers des denrées stables, denses et stockables (en particulier les céréales et pseudo-céréales), ouvrant la voie à l'urbanisation et à une stratification sociale accrue⁵¹. Depuis, l'agriculture sédentaire a occupé une place centrale dans les sociétés humaines, non seulement pour nourrir les populations, mais aussi pour leur fournir des matériaux pour s'habiller et loger, de l'énergie pour les travaux et le chauffage, et de la matière organique pour entretenir la fertilité des sols. Mais l'humanité restait contrainte par celui que Benoit Daviron appelle un « **régime métabolique solaire** »⁵² : la quasi-totalité de l'énergie – hormis l'apport marginal des moulins à eau et à vent – provenait de la biomasse, captée via la photosynthèse et mobilisée grâce à la force humaine et animale.

La Révolution industrielle inaugure un changement paradigmatique : à partir du XIX^{ème} siècle, en commençant par l'Angleterre, les sociétés humaines basculent progressivement vers un « **régime métabolique minier** » fondé sur l'exploitation de charbon, pétrole et gaz extraits du sous-sol. Ce basculement est marqué par deux étapes⁵³. Dans un premier temps, l'**expansion des surfaces** agricoles sur de nouveaux « fronts pionniers » (au détriment des sociétés forestières et pastorales), rendue possible par la machine à vapeur et le rail. Dans un deuxième temps, lorsque cette expansion géographique atteint ses limites, l'**intensification de la production** sur les mêmes surfaces (pour

approfondir : Phosphore 1), grâce à un apport croissant d'énergie fossile à toutes les étapes du système alimentaire : fabrication des intrants, pompage de l'eau, machines, transformation, transport, distribution, réfrigération et cuisson.

Dès les années 1970, des chercheurs ont commencé à interroger l'autosuffisance énergétique de la production alimentaire des pays ayant modernisé leur agriculture. Les travaux pionniers de David Pimentel ont marqué un tournant à

Le paquet agrotechnique industriel a transformé les systèmes agricoles en puits énergétiques.

ce propos, montrant que la culture moderne du maïs dans le Midwest états-unien affichait une **efficacité énergétique inférieure à celle des systèmes traditionnels** de milpa (association maïs-courge-haricot) pratiqués dans le Mexique rural⁵⁴. Ce constat ne concerne pas uniquement la culture du maïs. D'autres analyses menées depuis convergent vers des conclusions similaires⁵⁵. Au début des années 2000, le système alimentaire états-unien présentait un TRE de 0,14:1 – autrement dit, il fallait 7 calories fossiles pour livrer 1 calorie alimentaire aux consommateurs⁵⁶. Le TRE de la flotte de pêche européenne a été récemment estimé à 0,11:1⁵⁷ et celui de l'aquaponie (com-

bination d'hydroponie et pisciculture) – souvent présentée comme une innovation « de rupture » – à entre 0,016:1 et 0,106:1⁵⁸.

Ces chiffres sont inférieurs à ceux des systèmes agricoles traditionnels mais, surtout, elles sont négatives du point de vue du bilan calorique. Cela met en lumière un angle mort de la modernisation agricole : non seulement elle s'est traduite dans un déclin du TRE, mais elle a transformé les systèmes agricoles (auparavant principale source d'énergie pour les sociétés humaines) en des **puits énergétiques**⁵⁹. Les gains de productivité, bien que réels, masquent donc sa chute d'efficacité globale. Et pourtant, même les calculs de ces études restent incomplets : par exemple, ils n'intègrent généralement pas les coûts énergétiques de l'aménagement du territoire (drainage, destruction/replantation de haies, entretien des infrastructures dégradées...) ni ceux des flux d'informations (services de conseil, réunions de planification et politiques...). De plus, à mesure que la numérisation progresse, les nouveaux outils et infrastructures associés (capteurs, cloud, bases de données, IA...) génèrent ils aussi une dette énergétique considérable⁶⁰.

La question pourrait sembler purement théorique si les ressources fossiles étaient illimitées et facilement accessibles. Or, elles ne le sont pas. Le problème est double : le système repose sur **des combustibles et des minéraux non renouvelables**, qui ont eux-mêmes un TRE en diminution⁶¹. Le TRE pour la production mondiale de pétrole et de gaz par les sociétés cotées en bourse est passé de 30:1 en 1995 à environ 18:1 en 2006⁶². Celui pour leur découverte aux États-Unis a diminué de plus de 1000:1 en 1919 à 5:1 dans les années 2010⁶³. Le pic d'extraction des phosphates, dont les réserves sont très inégalement réparties dans le monde (le Maroc en concentrant à lui seul 70 %⁶⁴) devrait être atteint vers le milieu du siècle⁶⁵. Même les matériaux plus abondants (acier, aluminium, sable) voient leur extraction devenir plus énergivore et donc indirectement dépendante de la disponibilité des énergies fossiles⁶⁶.

Ces constats s'étendent également aux innovations numériques, présentées par le récit de l'Agriculture 4.0 comme une solution de découplage, mais dont la **prétendue immatérialité** repose sur la dissimulation d'antennes, câbles, serveurs, batteries, tous dépendants d'une chaîne matérielle énergivore, de l'extraction minière (cuivre, lithium, terres rares) au refroidissement des centres de données⁶⁷.

À nouveau, il ne s'agit pas de nier les acquis de l'agrotechnique moderne, mais de les replacer dans le contexte des limites physiques. Les promesses de nourrir le monde et de réduire la pénibilité du travail ne pourront pas être tenues par un système technique avec un bilan énergétique négatif qui repose sur des intrants en raréfaction et qui externalise ses dégâts écologiques et sociaux. Ce n'est pas un accident de parcours, mais une caractéristique constitutive d'un modèle bâti sur un **régime énergétique d'exception** dans l'histoire humaine – un régime qui n'est ni généralisable à l'échelle mondiale, ni tenable. Ce constat invite à dépasser la simple optimisation technique pour amorcer un changement de paradigme vers des systèmes alimentaires qui ménagent les ressources, respectent les écosystèmes et redonnent aux communautés le pouvoir de choisir leurs outils.

À RETENIR :

- [La modernisation agricole est vantée pour sa performance, mais la mesurer uniquement en termes de productivité par hectare ou heure est trompeur.
- [Le système agrotechnique actuel est un « puits énergétique » : il consomme plus de calories fossiles qu'il n'en restitue aux humains sous forme alimentaire.
- [La raréfaction du pétrole, du gaz et des minerais critiques rend ce système fragile et vulnérable aux chocs.
- [L'Agriculture 4.0 n'échappe pas à cette logique : capteurs, serveurs et IA reposent sur une chaîne matérielle énergivore et minière.
- [Un système fondé sur un régime énergétique d'exception n'est ni durable, ni généralisable : un changement de paradigme est nécessaire.

Une autre **boussole technique**

Sur le socle d'une tradition questionnant de manière critique les enjeux techniques, les réflexions autour de quatre tensions majeures peuvent nous aider à imaginer des trajectoires alternatives.

1 LIMITER LA COURSE À LA PUISSANCE : UNE TECHNIQUE **PLUS SOBRE**

Dès les années 1970, l'économiste E.F. Schumacher préconisait d'accorder une préférence aux technologies à petite échelle. Leur impact individuel étant minime par rapport à la capacité de régénération des écosystèmes et des sociétés, l'ampleur des dommages en cas de dérive serait ainsi limité, offrant aux humains davantage de temps pour corriger leurs erreurs⁶⁸. Trop souvent, les technologies sont évaluées principalement selon leur « puissance instantanée » brute : combien d'hectares pulvérisés en un temps donné ? Mais l'intensité énergétique accélère l'épuisement des ressources et le risque d'effets secondaires incontrôlés. Cela ne signifie pas que toutes les techniques à faible puissance sont vertueuses : elles peuvent s'avérer également destructrices lorsqu'appliquées de manière systématique, comme le montre la lente déforestation des savanes arborées qui couvraient le moyen-orient aux débuts de l'agriculture sans plus que du feu, des moutons et des houes⁶⁹. Une mauvaise pratique reste une mauvaise pratique. Il ne s'agit donc pas de rejeter toute puissance, mais de la soumettre à des critères écologiques et sociaux.

2 MODÉRER LES TENDANCES UNIFORMISATRICES : UNE TECHNIQUE **PLUS ROBUSTE**

Le modèle agrotechnique industriel privilégie des solutions standardisées et optimisées pour les économies d'échelle, souvent conçues dans des conditions spécifiques (sols plats, climats tempérés, cultures uniques...). Mais la nature et les sociétés humaines sont infiniment diverses et ce qui est efficace dans un contexte peut échouer ailleurs. La recherche obsessionnelle de la meilleure solution unique, répliquable à l'infini, produit alors souvent des systèmes fragiles et inégaux⁷⁰. Le biologiste Olivier Hamant propose ainsi de recentrer la conception technique sur la « robustesse »⁷¹. C'est le manque d'optimalité qui confère aux systèmes biologiques leur stabilité et capacité d'adaptation : ils sacrifient la performance à court terme pour une stabilité à long terme. Au contraire, un système fondée sur la performance maximale devient rigide, incapable d'absorber les aléas ; confronté à l'instabilité des ressources et à des crises systémiques, il s'expose à de violents retours de bâton. Une technologie robuste relève ainsi d'une logique de co-évolution entre pratiques humaines et milieux vivants. Elle est conçue davantage pour durer que pour briller.

3 FAVORISER L'AUTONOMIE DES USAGER·ÈRES : UNE TECHNIQUE **PLUS CONVIVIALE**

Plus le fonctionnement des outils est opaque, plus ils concentrent le pouvoir entre les mains d'une minorité qui les comprend, les possède ou les commercialise. La notion de « convivialité » développée par Ivan Illich invite à penser une technique qui ne dépossède pas, mais permet aux individus et aux collectifs de rester maîtres de leurs outils, de les entretenir, de les réparer et de les adapter à leurs besoins⁷². Cela ne signifie pas prétendre que tout un chacun puisse fabriquer l'entièreté de ses outils, mais plutôt qu'une technologie demeure appropriable, partageable et modifiable, que les usager·ères ne soient pas prisonnier·ères de boîtes noires inaccessibles ou de systèmes sur lesquels ils n'ont aucune prise. Une technologie conviviale n'est pas nécessairement rudimentaire : entre l'artisanat pur et l'intelligence artificielle, il existe un large spectre d'outils que l'on peut rendre plus accessibles par la documentation libre, la formation, la mutualisation et l'accompagnement. L'enjeu est moins de maximiser l'autonomie des dispositifs techniques que de maximiser leur utilité au service de l'autonomie humaine.

4 RENONCER À L'ILLUSION DU CONTRÔLE TOTAL : UNE TECHNIQUE **PLUS SOIGNEUSE**

Enfin, repenser la technique suppose de rompre avec l'idéal prométhéen de maîtrise absolue. À cette logique d'extraction et de domination, la philosophe Maria Puig de la Bellacasa oppose le « care », défini comme « tout ce qui est fait pour maintenir, poursuivre et réparer le monde, afin que tout un chacun puisse y vivre du mieux qu'il le peut »⁷³. Cette perspective invite à revaloriser des pratiques attentives aux rythmes du vivant, aux interdépendances entre espèces, aux vulnérabilités humaines. Prendre soin, c'est maintenir et soutenir les conditions qui rendent la vie possible – la santé des sols comme celle des travailleurs, les dynamiques de coopération entre espèces comme les relations sociales humaines. Il s'agit aussi de réparer les fractures historiques : dépossession des savoirs paysans, invisibilisation des femmes dans la production agricole, marginalisation des cosmologies non occidentales. Le soin implique l'attention aux voix absentes, à ce qui a été abîmé ou nié. Il reconnaît la diversité des approches sans les hiérarchiser et construit une culture et une politique de l'écoute élargissant le cercle des voix légitimes.

3.

Refonder le rapport à la **technique agricole**

« La technologie n'est pas neutre. Nous habitons ce que nous construisons, et ce que nous construisons nous habite. Nous vivons dans un tissu de relations – l'enjeu est de savoir lesquelles se nouent et lesquelles se dénouent. »

Donna Haraway⁷⁴

Un cadre fédérateur pour des techniques au pluriel

Sobriété, robustesse, convivialité, soin : ces axes de réflexion, nourries par une série de travaux critiques, appellent à un cadre capable de penser la technique non comme un objet isolé, mais comme un **système de choix collectifs, de relations écologiques et de rapports sociaux**. C'est ici qu'entre en scène l'agroécologie, comme une approche pluraliste et institutionnellement reconnu dessinant un horizon commun pour une technique agricole alternative⁷⁵.

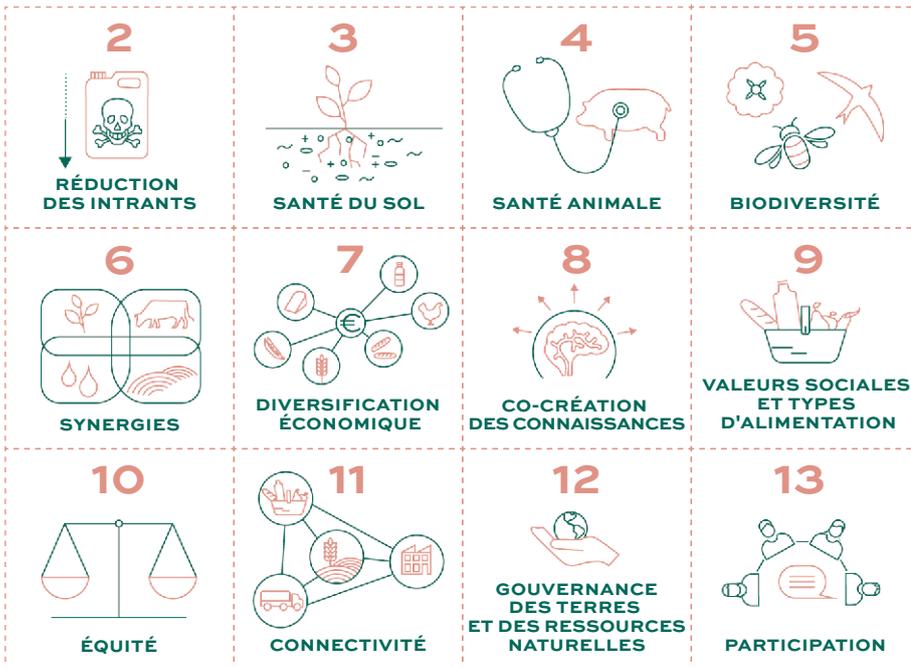
En 2019, le Groupe d'experts de haut niveau sur la sécurité alimentaire et la nutrition (HLPE-FSN) du Comité de la sécurité alimentaire mondiale (CSA) a reconnu explicitement que l'agroécologie est aujourd'hui le cadre le plus cohérent, ambitieux et mature pour la transformation des systèmes alimentaires, ainsi que nourrir la planète⁷⁶. En effet, les **13 principes** à travers lesquels elle se décline (voir Schéma p.16) ne se limitent pas à des orientations techniques, mais forment une matrice holistique qui couvre les dimensions écologiques, sociales, économiques et politiques⁷⁷. C'est à condition de s'inscrire dans une trajectoire réflexive cohérente avec ces principes qu'une innovation peut être considérée agroécologique. La technique n'est donc ni évacuée ni absolutisée : elle est intégrée à des finalités plus larges, subordonnée à la qualité des relations sociales, à l'intégrité des écosystèmes et à l'autonomie des communautés agricoles.

L'agroécologie est d'ailleurs intensément technicienne, mais d'une manière différente de celle du modèle industriel : elle mobilise des outils

faisant levier sur un savoir profond du fonctionnement des agroécosystèmes à plusieurs échelles (champ, ferme et paysage) et appelle à une pluralité d'innovations co-produites à partir de l'expérience paysanne⁷⁸. Elle reconnaît la légitimité et la valeur des savoirs dits « profanes » des communautés locales et des peuples autochtones et les articule avec les connaissances scientifiques en écologie, agronomie, sociologie ou économie, dans un effort de **co-création et de contextualisation**⁷⁹. Dépassant l'opposition stérile entre techniques « modernes » et « traditionnelles », l'agroécologie ouvre ainsi un espace pour des techniques au pluriel, adaptées aux contextes et évolutives.

Ces techniques existent d'ailleurs déjà en grand nombre, bien que reléguées à la périphérie d'un récit technologique où des innovations plus spectaculaires (robots, drones, IA...) captivent l'attention. Il ne s'agit donc pas d'inventer de solutions à partir de zéro, mais plutôt de reconnaître, de soutenir, de perfectionner et d'adapter une **multitude de techniques trop souvent négligées** qui émergent à la croisée de dynamiques diverses⁸⁰ : de pratiques anciennes revisitées, d'expérimentations paysannes et citoyennes, d'innovations de l'ingénierie low-tech et open source, ainsi que de travaux de recherche axés sur l'agriculture de conservation, biologique et agroforestière. Sans oublier de capitaliser sur les stratégies de résilience locale des exploitations agricoles mondiales de petite échelle qui produisent la plupart de la nourriture globale⁸¹ – avec des chiffres atteignant 80 % en Asie et Afrique subsaharienne⁸² – n'adhérant que très partiellement au « paquet technique » de la Révolution verte.

Les 13 principes de l'agroécologie de l'HLPE



le vent et l'érosion, la maximisation de l'occupation des espaces, la diversification du régime alimentaire et des revenus⁸⁷. Si ces idées ne sont pas entièrement nouvelles, elle sont toutefois marginalisées dans un modèle agrotechnique fondé sur l'abondance énergétique qui favorise les monocultures et la standardisation.

L'eau, ressource critique dans un contexte de dérèglement climatique, est le point focal d'un autre ensemble de techniques. Outre les pratiques de couverture végétale et d'agroforesterie qui limitent l'évaporation, la récupération des eaux de pluie par des micro-bassins, des cuves ou des fossés permet de prolonger la disponibilité d'eau pour l'irrigation. Les peuples andins, par exemple, recourent depuis l'époque précolombienne aux « gochas », un système de petites lagunes artificielles ou dépressions naturelles aménagées par les paysan·nes dans les hauteurs qui captent et stockent l'eau de pluie pour la redistribuer lentement⁸⁸. Plus récemment, la diffusion de l'irrigation goutte-à-goutte, notamment dans sa forme gravitaire (sans besoin de pompe motorisée), permet un gain de temps considérable et une réduction significative des pertes hydriques pour les paysan·nes. Bien que principalement utilisée en maraîchage, cet outil offre également des avantages considérables pour les surfaces moyennes ou grandes après un certain investissement initial (tranchées, purges, raccordements)⁸⁹.

Un autre ensemble de techniques agroécologiques se concentre sur la **fermeture des boucles de la fertilité**. Le retour au sol du fumier d'élevage, des restes de cultures et des biodéchets urbains, nourrit la vie du sol, améliore sa structure et permet de réduire progressivement l'utilisation d'engrais de synthèse⁹⁰. Compostage « classique », bokashi (fermentation anaérobie d'origine japonaise), vermi-compost (accélérant la décomposition via des vers), purins de plantes ou encore thés de compost oxygénés : les pistes techniques sont nombreuses, chacune adaptée à des conditions précises. Parfois, ces procédés sont poussés plus loin encore

Au cœur de cette pluralité se trouvent les **systèmes intégrés** (tels que la polyculture-élevage, l'agroforesterie, le sylvopastoralisme ou encore la pisciculture intégrée), probablement l'expression la plus aboutie de la technique agroécologique⁹³. À travers un large spectre de possibles combinaisons spatiales et/ou temporelles entre plantes (céréales, légumineuses, couverts, arbres...), animaux (volailles, ruminants, poissons, insectes...) et autres organismes (champignons, rhizobactéries, cyanobactéries...), ces systèmes visent à maximiser les synergies fonctionnelles entre les différentes composantes d'un agrosystème. Il peut s'agir, au niveau plus simple, de coupler ou alterner des céréales avec des légumineuses (le blé avec le trèfle, le maïs avec le haricot, le mil avec le niébé...) afin de profiter de la capacité de ces der-

nières à fixer l'azote atmosphérique⁸⁴. Les systèmes agroforestiers illustrent bien la multitude des synergies possibles. Généralement associés aux zones tropicales (jardins forestiers javanais, systèmes cacao-bananiers africains), ils présentent un grand potentiel encore sous-exploité pour les zones tempérées⁸⁵.

Dans la même logique, l'agrosystème peut être reconfiguré (davantage d'haies, bandes fleuries, mares...) afin de favoriser la création de niches écologiques pour les ennemis naturels (oiseaux ou insectes prédateurs, champignons entomopathogènes...) des bioagresseurs, renforçant – ou même rétablissant – une **régulation naturelle des populations**⁸⁶. Tous ces agencements (et d'autres plus complexes) offrent de nombreux avantages, tels que la protection des cultures et des sols contre

par la production d'énergie via la méthanisation, une technologie qui peut s'avérer vertueuse dans des systèmes à petite échelle⁹¹.

La **maîtrise des semences**, pilier de toute autonomie agricole, constitue un autre axe technique fondamental. Sélectionnées massivement ou par des programmes de recherche participative, les semences paysannes co-évoluent avec le terroir et les pratiques : types de sols, régimes climatiques, résistances naturelles aux maladies, mais aussi préfé-

Reconnaître la valeur de ces techniques, c'est aussi reconnaître que l'agroécologie n'est pas une solution magique.

rences culturelles⁹². Leur adaptation aux conditions locales, leur diversité intra-variétale et leur résilience face au changement climatique en font un levier d'émancipation face à la dépendance aux semences commerciales, qui souvent exigent des engrais et traitements spécifiques et sont protégées par des droits de propriété intellectuelle restrictifs⁹³. Des initiatives comme le Réseau Semences Paysannes en France, ou les communautés semencières au Brésil et en Inde incarnent cette (ré)valorisation de la biodiversité cultivée à travers une dynamique collective et ouverte de sélection.

Reconnaître la valeur de ces techniques, c'est aussi reconnaître que l'agroécologie n'est pas une solution magique. Un agroécosystème diversifié, résilient, autosuffisant en intrants et respectueux du vivant ne se met pas en place spontanément ni s'entretient sans effort : il demande un engagement quotidien dans des tâches souvent pénibles⁹⁴. L'un des grands défis techniques agroécologiques est donc d'accompagner cet investissement humain intense par des outils qui permettent aux paysannes de travailler mieux, prolongeant et allégeant leur geste. C'est pourquoi une **mécanisation énergétiquement sobre, conçue pour être ergonomique, réparable localement et adaptable** à la multiplicité des agroécosystèmes, constitue un levier clé pour rendre l'agroécologie accessible au plus grand nombre – sans pour autant sacrifier la diversité ni renforcer la dépendance technologique⁹⁵. Des initiatives comme l'Atelier Paysan en France, Farm Hack au Royaume Uni ou Fabriek Paysanne en Belgique oeuvrent depuis plus d'une décennie dans ce sens, développant et documentant des outils agricoles low-tech en open source (binettes multifonctions, semoirs manuels de précision, herses alternatives...) co-conçus avec les paysannes.

À l'aune des crises écologiques et sociales contemporaines, ce sont ces formes techniques-là – ancrées, sobres, adaptables – qui apparaissent comme les plus à même de soutenir une agriculture équitable et durable. Elles devraient donc devenir le cœur battant d'un nouveau projet agrotechnique, fondé non plus sur l'industrialisation à marche forcée, mais sur la réconciliation entre humains et milieux.

À RETENIR :

- [L'agroécologie est reconnue par le HLPE comme le cadre le plus cohérent et mature pour transformer les systèmes alimentaires dans toutes leurs dimensions.
- [Ses 13 principes guident des transformations holistiques qui intègrent la technique à des finalités sociales, écologiques et politiques plus larges.
- [Ses innovations reposent sur la co-création entre sciences, savoirs paysans et expériences locales, valorisant la diversité des contextes.
- [Des systèmes intégrés déjà existants – renforçant l'autorégulation biologique, la santé du sol, la résilience hydrique et alimentaire – montrent sa faisabilité concrète.
- [Le défi est de soutenir ces techniques par une mécanisation ergonomique sobre et low-tech, afin d'alléger le travail sans créer de nouvelles dépendances.

Quand la complexité **fait mieux que les intrants**

Que se passe-t-il lorsque que l'on mobilise des connaissances fines des processus écosystémiques pour concevoir des systèmes agricoles complexes sobres en intrants ?

La culture intensive du riz, premier aliment de base mondial⁹⁶, repose largement sur la monoculture de variétés précoces à haut rendement nécessitant d'importants apports en intrants de synthèse (engrais azotés, herbicides, fongicides, insecticides) et en eau. Elle permet la rotation accélérée des cycles culturaux (jusqu'à trois par an), mais elle engendre des effets délétères multiples : dégradation des sols, pollution des nappes, pertes de biodiversité, dépendance aux intrants, vulnérabilité climatique, émissions importantes de méthane et protoxyde d'azote⁹⁷.

À l'inverse, d'autres modèles reposent sur une diversification du peuplement biologique de la rizière. **Le système intégré riz-poisson-canard-azolla (RPCA)**, popularisé par l'agriculteur-chercheur japonais Takao Furuno, s'inspire de savoirs vernaculaires bien connus en Asie mais rarement intégrés et évalués ensemble dans toute leur complexité, constituant un exemple paradigmatique de ce que l'innovation agro-technique peut accomplir lorsqu'elle repose sur la création de **synergies fonctionnelles entre éléments du milieu** plutôt que sur des intrants exogènes⁹⁸. Son ingéniosité tient à l'orchestration d'interactions vertueuses entre les composants (voir Schéma p.19) : le riz comme culture principale, des poissons et des canards comme

agents de régulation biologique et de fertilisation, l'azolla (une petite fougère aquatique fixatrice d'azote) comme engrais vert.

Ce système nécessite **une planification et une gestion fines** : choix des espèces compatibles (variétés de riz à cycle long, espèces piscicoles et aviaires adaptées aux températures locales, à la turbidité, à la profondeur de l'eau, etc.), synchronisation des cycles de croissance, gestion soignée de l'eau, suivi quotidien (observation des signes de déséquilibres, interventions ciblées). Il demande également des investissements initiaux : achat de canetons et d'alevins, aménagements hydrauliques (creusement de zones profondes, rehaussement de digues) et infrastructures légères (cabanes pour les canards), qui sont toutefois généralement amortis en une à deux saisons, notamment lorsque le système est bien conçu⁹⁹.

Les effets bénéfiques de ces synergies sont significatifs : dans plusieurs études empiriques menées en Asie du Sud-Est, les systèmes RPCA ont montré une réduction des maladies cryptogamiques et de la biomasse des adventives, une amélioration des cycles biogéochimiques (N, P, K), et un rendement global supérieur à celui des systèmes conventionnels de riziculture intensive¹⁰⁰. Cela tout en générant une production et des revenus diversifiés (canards, poissons), ainsi qu'une baisse des dépenses (engrais et pesticides) et du temps de travail lié au désherbage¹⁰¹.

Ce type de modèle est par ailleurs particulièrement **pertinent face aux dérèglements climatiques** actuels et à venir : les systèmes RPCA souffrent moins des aléas climatiques (pluies excessives, chaleurs extrêmes) grâce à l'accrue capacité tampon assurée par la redondance de leurs fonctions écologiques (régulation, fertilisation, contrôle biologique)¹⁰².

Ces synergies apportent un rendement global supérieur à celui des systèmes conventionnels de riziculture intensive, cela tout en générant une production et des revenus diversifiés.

Les principales interactions entre les éléments clé du système **riz-poisson-canard-azolla**



Les paysan-nes

Jouent un rôle clé d'orchestrateur-rices de ce système vivant, ajustant les interactions, les cycles et les rythmes avec des interventions ciblées sur base d'un suivi quotidien.



Le riz

Fournit un microclimat favorable: l'ombre créée par les feuilles régule la température de l'eau. Il absorbe l'ammoniac, réduisant ainsi sa toxicité pour les poissons. En même temps, il profite directement de ce milieu enrichi et régulé: les déchets organiques issus des animaux sont assimilés et les stress biotiques sont réduits. L'ensemble du système favorise sa croissance foliaire, sa biomasse, sa capacité photosynthétique (SLA), et donc son rendement.



Les canards

Se nourrissent d'adventices, d'insectes et de mollusques nuisibles (dont le redouté escargot-pomme), tout en évitant le riz adulte dont les feuilles, riches en silice, sont peu appétentes. Leurs déplacements brassent l'eau, empêchent la stagnation, dispersent les spores fongiques et limitent les maladies cryptogamiques. Leurs excréments enrichissent les sols en azote, phosphore et potassium.



Les poissons

Consomment également une partie des adventices, les champignons et les larves d'insectes. Ils favorisent la porosité des sols par leur activité, et contribuent à l'oxygénation de l'eau par leurs mouvements, limitant par ailleurs les émissions de méthane.



L'azolla

En formant un tapis flottant à la surface, bloque la lumière et limite la germination des adventices. Elle fixe l'azote atmosphérique grâce à sa symbiose avec des cyanobactéries (genre *Anabaena*) et constitue un aliment pour les canards et les poissons. Sa biomasse est aussi incorporée dans le sol comme engrais vert.

Trier, réorienter (ou abandonner) des techniques

La question se pose à ce point : faut-il donc renoncer à l'ensemble de l'arsenal technique issu de la modernisation agricole, considérant chaque innovation comme irrémédiablement entachée d'effets pervers ? Une telle approche serait contre-productive compte tenu des investissements, infrastructures et compétences déjà mobilisés. Ce qui est en jeu **n'est pas un rejet total de ces techniques**, mais la capacité à en redéfinir les finalités les replaçant dans un horizon de soutenabilité et de justice, et à imaginer des reconversions créatives vers de nouveaux usages. Il s'agit d'identifier ce qui peut être intégré, réorienté, transformé, et ce qui, au contraire, doit être dépassé ou abandonné.

Prenons la génétique moderne. Les semences à « haut potentiel » ne concrétisent leurs performances qu'à condition d'adopter l'ensemble du paquet agrotechnique industriel, ce qui est peu compatible avec une démarche agroécologique¹⁰³. Certains OGM, présentés comme un moyen efficace de réduire les traitements phytosanitaires, sembleraient en revanche plus en phase. Cependant, ils reposent généralement sur une résistance « verticale » conférée par un seul gène qui, rapidement contournée par les bioagresseurs, enclenche une course permanente à la création de nouvelles variétés. À l'inverse, des systèmes biodiversifiés misent sur une résistance « horizontale » issue de multiples interactions biologiques, bien plus difficiles à casser et conférant une stabilité supérieure¹⁰⁴. La génétique moderne peut néanmoins jouer un rôle majeur dans la **conservation de germoplasmes locaux** et en se ré-orientant davantage vers la **sélection variétale participative** – assistée par des marqueurs non brevetés et orientée vers la création de mélanges de génotypes aux optima multiples¹⁰⁵.

Quant aux engrais minéraux et les pesticides de synthèse, ils sont devenus les béquilles structurelles

indispensables de systèmes fragilisés par leur propre simplification. Leur utilisation entraîne une cascade de dépendances économiques et de perturbations écologiques. L'horizon ultime de tout système agroécologique devrait donc être la suppression progressive de leur usage systématique au profit d'une gestion intégrée et holistique de la fertilité, ainsi que de la santé animale et végétale¹⁰⁶. Cela

Ce qui est en jeu n'est pas un rejet total de ces techniques, mais la capacité à en redéfinir les finalités, les replaçant dans un horizon de soutenabilité et de justice

implique le recours à des amendements organiques, couverts végétaux, rotations longues ; la (ré)introduction d'arbres, cultures pérennes, organismes « auxiliaires » ; la (ré)association de culture et élevage, etc. Toutefois, dans des zones spécifiques et des situations exceptionnelles (sols appauvris, épidémies ou infestations sévères...), un **recours ponctuel et réfléchi à certains intrants** semble justifiable et même envisageable, à condition qu'il reste intégré dans une stratégie globale de résilience¹⁰⁷.

La mécanisation soulève elle aussi des questions de fond. Si la réduction de la pénibilité du travail agricole est

un objectif difficilement contestable, elle ne passe pas nécessairement par des engins massifs et standardisés optimisés pour des monocultures. L'agroécologie invite d'abord à **concevoir des agroécosystèmes qui demandent le moins d'interventions possibles**, en tirant parti des dynamiques naturelles plutôt qu'en les remplaçant par des dispositifs non vivants et non renouvelables¹⁰⁸. Ensuite, une mécanisation proportionnée aux besoins et conditions locales peut trouver sa place. Or, si la conception de champs hétérogènes est sans doute plus complexe que celle de champs homogènes, le manque d'attention portée au développement de **machines adaptées à des champs diversifiés** révèle surtout un verrouillage au sein du système agrotechnique moderne¹⁰⁹. Pourtant, des pistes prometteuses de conversion d'agroéquipement vers une mécanisation post-monoculturelle existent, des expériences en agriculture biologique de conservation aux recherches en agriculture « à pixels » – une approche basée sur la culture méticuleusement planifiée de micro-parcelles biodiversifiées disposées en grille¹¹⁰.

Les technologies de l'Agriculture 4.0 représentent un autre terrain d'ambivalence. Dans leur forme dominante, elles sont encore largement conçues pour parer d'un vernis écologique le modèle agro-industriel, avec des outils calibrés pour optimiser l'utilisation d'intrants exogènes ou la logistique de flux longs, plutôt que pour gérer la complexité dynamique d'agroécosystèmes diversifiés¹¹¹. Mais des outils adaptés, ouverts, maîtrisables localement peuvent aussi soutenir des dynamiques agroécologiques. Des **plateformes de conseil et de communication de pair à pair à distance** permettent déjà à des communautés de paysannes de partager savoirs et informations, anticipant les attaques parasitaires ou les aléas climatiques, ainsi que de mutualiser des options logistiques en circuit court¹¹². L'évaluation des technologies doit donc être fine et contextualisée : l'adoption de robots de désherbage solaires peut apparaître écologique de prime abord,

L'agroécologie est une stratégie de transformation systémique qui ouvre des trajectoires multiples.

mais s'avérer contre-productive lorsqu'elle entraîne une dépendance matérielle et financière accrue ou tout simplement moins avantageuse par rapport à d'autres solutions Low-tech¹³.

Au-delà de ces considérations générales, aucune trajectoire technique ne peut être pensée en dehors des contextes géographiques, historiques et politiques dans lesquels elle s'inscrit. Dans les **pays du Nord global**, l'adoption de techniques agroécologiques relève souvent d'une démarche critique visant à rompre avec le modèle agro-industriel dominant. Ici, il s'agit de réduire l'empreinte écologique, de retrouver une autonomie technique et économique, de redonner du sens au travail agricole. Dans les **pays du Sud global**, la situation est souvent différente : une grande partie des paysan·nes pratiquent une agriculture de subsistance, avec une faible consommation d'énergie, des ressources locales et des pratiques circulaires qui sont souvent le fruit d'une adaptation à de plus fortes contraintes matérielles et financières.

L'enjeu y est alors surtout d'améliorer la productivité et les conditions de travail en **enrichissant et perfectionnant les stratégies agroécologiques existantes** sans basculer dans un modèle énergivore et dépendant. Dans ce cadre, l'utilisation sobre et réfléchie d'énergies fossiles – d'autant plus dans des contextes à faible consommation énergétique – peut être un levier vital pour la sécurité alimentaire, à condition de les considérer comme un héritage rare et précieux à employer avec discernement pour préparer un futur sobre et viable. On peut ainsi distinguer **deux macro-trajectoires** avec des priorités différenciées : dans le Nord global,

réduire la dépendance aux intrants et aux énergies fossiles ; dans le Sud global, augmenter sélectivement l'accès à l'énergie et à une mécanisation adaptée (voir Schéma p.24)¹⁴.

À nouveau, l'essentiel n'est pas de bannir a priori tel ou tel outil, mais de l'inscrire dans un cadre de réduction des inégalités, régénération des écosystèmes et souveraineté des communautés. À ce propos un point central mérite d'être réaffirmé : l'agroécologie n'est pas simplement un ensemble de techniques, mais

une stratégie de transformation systémique qui ouvre des trajectoires multiples, toutes orientées par un même horizon : construire des systèmes alimentaires équitables, durables et démocratiquement gouvernés. Ce n'est qu'en **intégrant ces principes holistiques et pluralistes** dans les choix techniques, en construisant des espaces de décision réellement démocratiques et en réorientant les ressources vers les innovations agroécologiques, que l'agriculture pourra affronter les défis à venir.

À RETENIR :

- [L'enjeu n'est pas de rejeter en bloc les techniques agroindustrielles, mais de les réorienter, adapter ou dépasser dans un horizon agroécologique.
- [La génétique moderne est problématique lorsqu'elle alimente la course aux semences brevetées, mais utile si elle soutient la conservation et la sélection participative.
- [Engrais et pesticides, béquilles de systèmes fragilisés, doivent céder le plus possible la place à la fertilité organique, aux rotations longues et aux équilibres écologiques.
- [La mécanisation massive et optimisée pour les monocultures doit évoluer vers la sobriété et l'adaptation à des systèmes diversifiés.
- [Les technologies numériques ne sont pas à rejeter mais à réorienter vers des usages ouverts, maîtrisables et utiles aux circuits courts.
- [Les transitions agroécologiques sont intrinsèquement contextualisées et impliquent des macro-trajectoires techniques distinctes dans le Nord et le Sud globaux.

Deux manières de **produire du fourrage**¹¹⁵

À travers l'analyse de deux systèmes techniques de production de fourrage pour les ruminants en climat océanique tempéré (maïs ensilage et herbager pâturant) on peut comparer concrètement deux exemples emblématique d'un système agrotechnique moderne et un système qui s'insère dans une optique agroécologique. Choisir entre ces deux systèmes, ce n'est pas seulement opter pour un outil ou une culture : c'est s'engager dans une trajectoire agricole qui reflète un certain rapport à la nature, à l'animal, à l'autonomie.

SYSTÈME MAÏS ENSILAGE



SYSTÈME HERBAGER PÂTURANT



PROCESSUS TECHNIQUE

Semis en lit très fin, avec machines lourdes et puissantes. La culture dure quelques mois et nécessite une série d'opérations mécanisées (désherbage, fertilisation, traitements, récolte, ensilage, distribution). Chaque étape repose sur des équipements coûteux, souvent motorisés, et une forte synchronisation temporelle.

Implantation souple et peu exigeante, effet structurant sur le sol. La prairie est pluriannuelle, pâturée directement par les animaux. Pour l'hiver, le fourrage peut être récolté sous forme de foin ou d'ensilage léger, parfois sans recours aux machines. Le rythme est plus étalé, et le recours à l'énergie mécanique est limité.

OBJETS TECHNIQUES

Tracteurs lourds, semoirs de précision, épandeurs d'engrais, pulvérisateurs, ensileuses, remorques, machines de distribution du fourrage, compléments azotés à base de soja.

Barrières mobiles, clôtures électriques, éventuellement faucheuse ou presse à foin, séchoir solaire. Parfois aucun objet mécanique entre le sol et l'animal : l'herbe pousse et la vache broute.

SAVOIRS TECHNIQUES

Expertise agronomique sur les semences hybrides, calendriers de semis/récolte, traitements phytosanitaires, conduite de cultures en monoculture, gestion des rations animales déséquilibrées (compléments azotés).

Savoir-faire sur la rotation, mélange d'espèces (graminées/légumineuses), gestion du pâturage tournant, fertilisation naturelle via les déjections animales, fixation d'azote par les légumineuses.

SYSTÈME TECHNIQUE

Forte spécialisation, homogénéisation des pratiques et des cultures. Intégré aux filières industrielles : fabricants d'engrais et de semences hybrides, fournisseurs de machines agricoles lourdes, importateurs de protéines végétales (notamment, soja). Il suppose un mode de vie animal centré sur la stabulation, le confinement et la consommation assistée. Maximise le rendement par hectare, mais demande des intrants et des infrastructures coûteuses, entraîne des dommages environnementaux (lessivage, érosion, pollution de l'eau, artificialisation du sol) et une forte dépendance aux marchés mondiaux.

Complexité écologique, moins d'équipements mais plus de connaissances écologiques et éthologiques. Agro-système enraciné dans un écosystème local avec des boucles vertueuses (fertilité animale-végétale). Les animaux pâturent librement une partie importante de l'année, ce qui participe à leur bien-être. S'il produit un peu moins par hectare en volume brut, il offre une moindre dépendance aux intrants et une efficacité écologique supérieure (sols vivants, davantage de biodiversité, eau mieux préservée, autonomie azotée).

Vers une démocratie technique

Bien qu'on puisse tenter de dresser un inventaire des techniques alignées sur une transition agroécologique, leurs formes concrètes ne pourraient émerger et évoluer que comme le résultat de **processus collectifs de débat, de construction et de gouvernance** – principalement au niveau local. Poursuivre une transition vers des systèmes techniques agroécologiques c'est donc avant tout établir un pouvoir démocratique sur les orientations techniques.

Cependant, évaluer une technologie, comprendre ses limites, ses effets indirects et ses vulnérabilités, exige du temps et des ressources. Lorsque, de surcroît, les intérêts derrière l'outil sont opaques et soutenus par le redoublement de récits bien rodés auxquels les pratiques dominantes font écho, l'effort critique des citoyen·nes peut vite apparaître vain. Les promesses de réponses simples et rapides à des problèmes complexes des **récits technosolutionnistes** deviennent alors irrésistibles. D'autant plus qu'elles se marient parfaitement avec des temporalités politiques serrées : produire un prototype, signer un partenariat public-privé et annoncer « l'innovation » apparaît plus proactif que d'engager des transformations lentes, coûteuses et politiquement risquées. Pourtant, des pistes existent pour rouvrir une démocratisation des choix techniques.

Les démarches de **recherche-action participative** créent un dialogue étroit entre chercheur·ses et citoyen·nes pour identifier ensemble les thématiques pertinentes à explorer. Il ne s'agit pas simplement de « faire valider » des outils déjà conçus, mais de créer des protocoles expérimentaux flexibles qui s'enracinent dans l'expérience vécue des praticien·nes : leurs problèmes concrets, leur manière d'analyser les situations, leur point de vue¹¹⁶. Les savoirs scientifiques sont ainsi articulés avec les savoirs dits « profanes » (traditionnels, citoyens, paysans...) afin de co-produire des techniques véritablement parti-

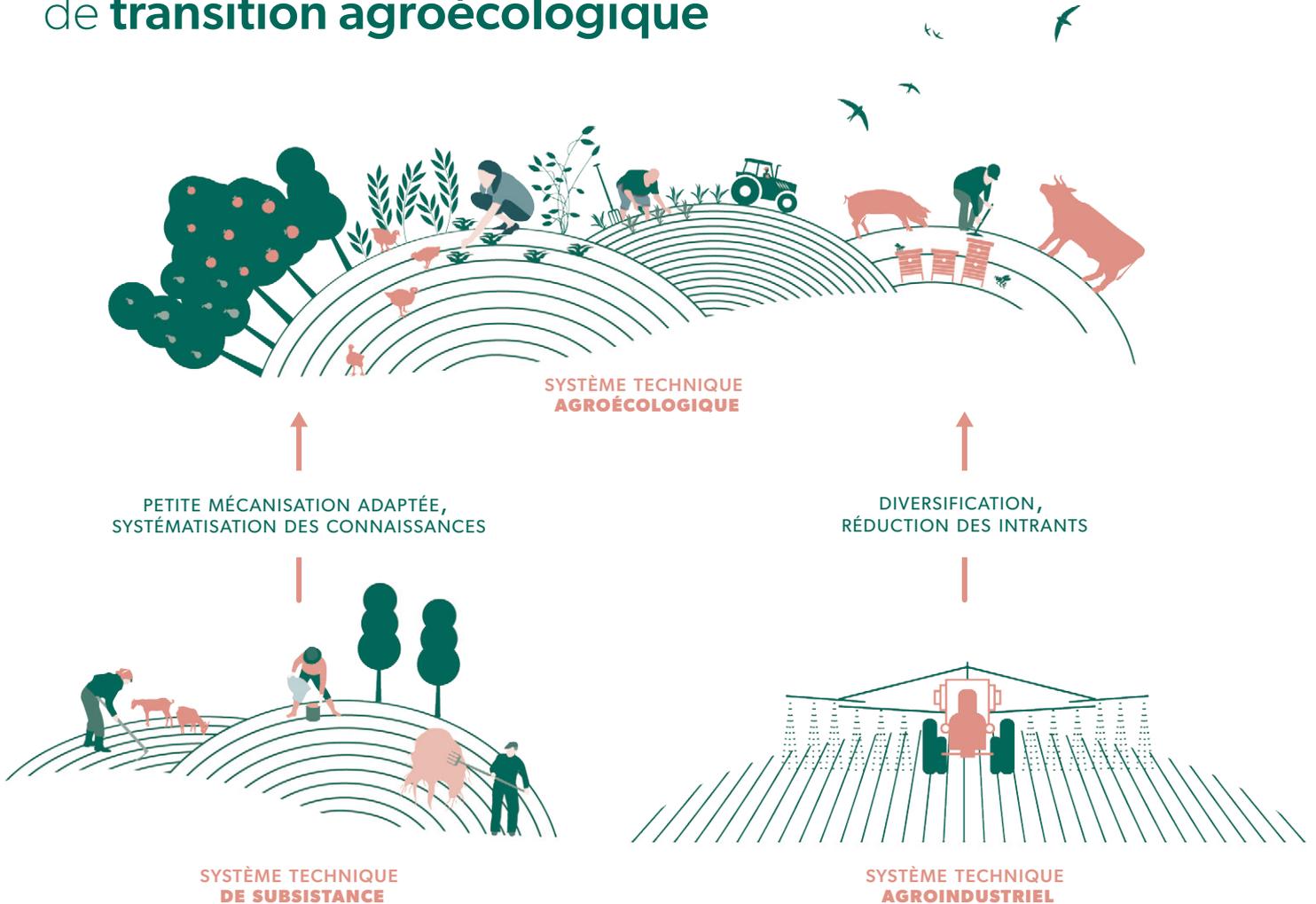
nelles. Cela implique d'expérimenter dans des conditions réelles, d'ajuster continuellement les dispositifs, d'accepter une certaine « imperfection » méthodologique au profit d'une pertinence plus forte¹¹⁷. Une démocratie technique commence ici : par la reconnaissance des paysan·nes (et citoyen·nes) comme sujet·tes producteurs·rices de savoirs et non comme simples récepteur·rices de solutions descendantes.

Co-produire la connaissance ne suffit toutefois pas. Il est aussi nécessaire d'organiser, à l'échelle institutionnelle, une capacité d'anticipation et de délibération collective sur les technologies émergentes. C'est la vocation de ce que l'on appelle l'**évaluation technologique** (Technology Assessment), qui a pour ambition de soumettre les innovations à un débat public incluant, dans ses versions les plus participatives – comme les « conférences de consensus » ou les « panels de citoyens » – la société civile aussi dans l'analyse préalable¹¹⁸. Dans les années 1970, les États-Unis avaient mis en place un Bureau d'Évaluation des Technologies (OTA) qui fournissait au Congrès des analyses indépendantes de haute qualité sur les promesses, les risques et les impacts sociaux et environnementaux des innovations technologiques¹¹⁹. Chef de file de nombreuses initiatives dans le monde, il fut supprimé en 1995 au nom de l'austérité néolibérale (destin ensuite partagé par la plupart de ses homologues ailleurs), marquant un recul de la capacité démocratique à encadrer les choix technologiques dont les effets se font encore sentir¹²⁰.

Si le besoin de telles institutions n'a jamais été aussi pressant, il faut aller plus loin : la question technique devrait être intégrée de manière explicite à la gouvernance des systèmes alimentaires, là où elle est aujourd'hui quasiment absente, y compris dans des expériences inspirées par la démocratie délibérative telles que les Conseils de politique alimentaire. La perspective sur la **gouvernance des Communs** développée dans les travaux de la lauréate du prix Nobel Elinor Ostrom et de ses

Une démocratie technique commence par la reconnaissance des paysan·nes (et citoyen·nes) comme sujet·tes producteurs·rices de savoirs et non comme simples récepteur·rices de solutions descendantes.

Deux macro-trajectoires techniques de **transition agroécologique**



collègues à partir des années 1950 apporte ici une ressource théorique et pratique solide²¹. Auparavant, la plupart des économistes soutenaient la thèse selon laquelle les systèmes de ressources partagées étaient intrinsèquement intenables, car les individus agissant dans leur propre intérêt personnel saperait finalement le bien du groupe (la « tragédie des biens communs »)²². À travers des centaines d'études de cas de longue durée, Ostrom a démontré au contraire que les communautés peuvent mettre en place des règles

pratiques qui permettent de protéger les ressources et de les répartir équitablement entre les membres. Les principes généraux de conception qui en découlent (voir Encadré page 26) fournissent ainsi un cadre pour penser la gouvernance de ce que l'on pourrait appeler des « Communs technologiques ».

Mais comme le rappellent ces mêmes principes, les Communs ne fonctionnent que s'ils disposent d'un statut légal et s'inscrivent dans des réseaux intercommunautaires

plus larges. Une véritable démocratie technique implique ainsi une **refonte des règles du jeu de l'innovation** : réintroduire des contraintes, des limites collectives, inscrire des interdits et des orientations dans le droit et les politiques. C'est ici que le retour de la puissance publique devient incontournable. Car, dans leur imperfection et défaillances, la plupart des gouvernements reste en principe redevable devant les citoyen·nes. Les multinationales, elles, n'ont de comptes à rendre qu'à leurs actionnaires. Loin de prôner un

État tout-puissant, il s'agit d'affirmer que pour que des finalités collectives dépassent la sensibilisation et aient un véritable impact, elle doivent bénéficier d'une reconnaissance juridique et d'un pouvoir normatif¹²³. L'histoire récente montre d'ailleurs qu'un État peut poser des limites claires face à des expérimentations risquées (la moratoire sur la géo-ingénierie solaire au Mexique, le « Chips Act » dans l'Union européenne...) ¹²⁴.

Plusieurs autres chantiers supposent également un **renouveau de l'intervention Étatique**, cette fois non plus vers une modernisation agro-industrielle mais vers une transition

Aujourd'hui, la majorité des capitaux laissent dans l'ombre des innovations agroécologiques souvent plus sobres et pertinentes à long terme.

agroécologique : renforcer une expertise indépendante, pluraliste, capable d'analyser les impacts réels des innovations ; réformer l'éducation pour y intégrer une culture et pratique écologique dès le plus jeune âge ; intégrer les curricula techniciens avec des connaissances transdisciplinaires ; orienter la recherche publique et les financements vers des technologies à l'utilité sociale démontrée plutôt que des séduisantes promesses spéculatives. Aujourd'hui, la majorité des capitaux se dirigent vers la robotique, la biotechnologie ou la numérisation,

laissant dans l'ombre des innovations agroécologiques souvent plus sobres et pertinentes à long terme¹²⁵.

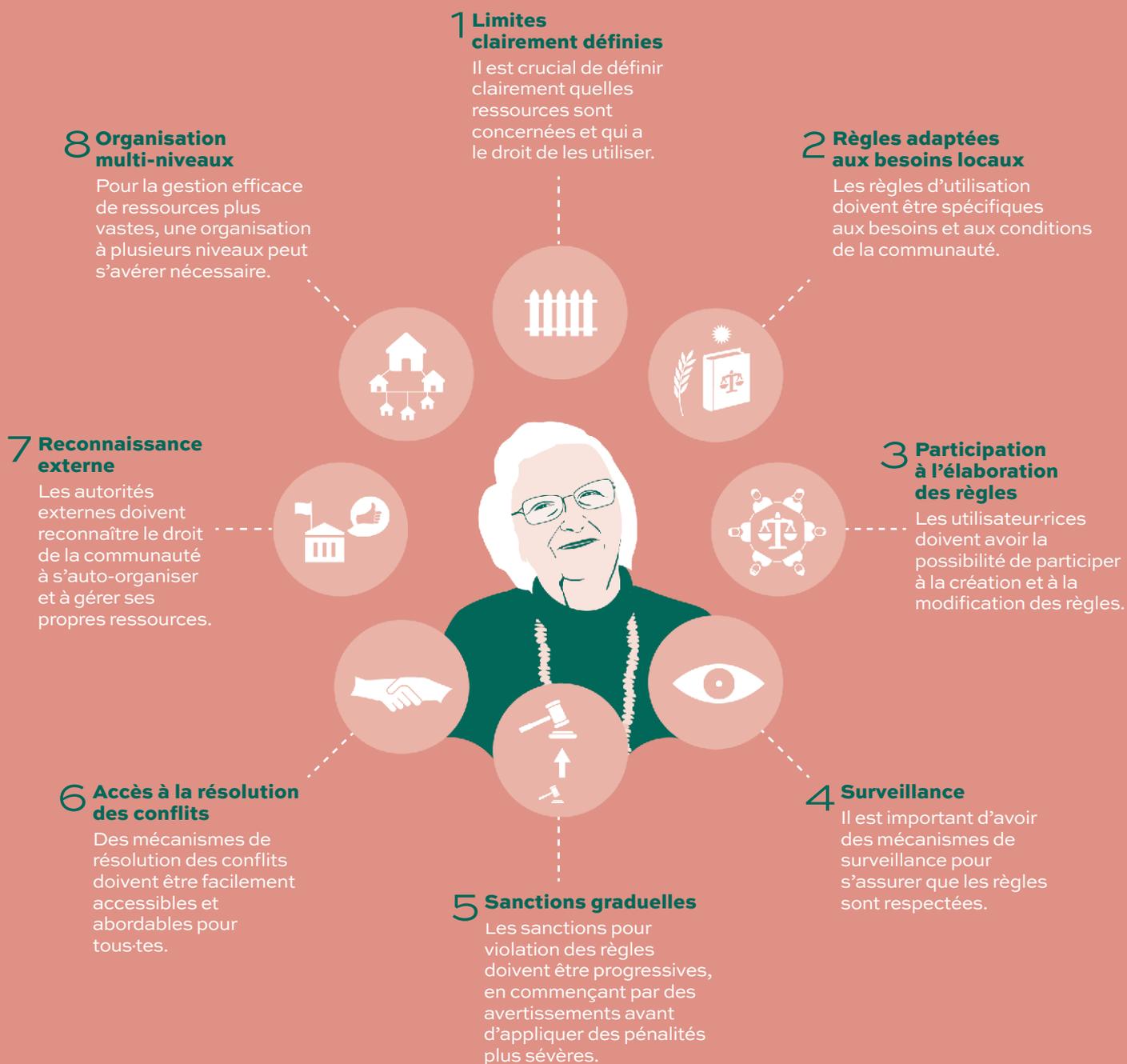
Évidemment, le défi dépasse les échelles nationales. Les enjeux planétaires d'un monde globalisé exigent des institutions de gouvernance capables de traiter la **technologie comme un Commun mondial**. Depuis plusieurs années, l'ETC Group plaide pour la création d'un Bureau d'évaluation technologique au sein des Nations unies qui publierait des rapports indépendants sur les technologies émergentes¹²⁶. D'autres idées ambitieuses circulent ou peuvent être imaginées¹²⁷ : une « Bretton Woods » technologique, un Conseil de stabilité technologique sur le modèle du Conseil de stabilité financière, une Plateforme de coordination et d'arbitrage sur la fiscalité des géants technologiques, un Tribunal international pour les litiges technologiques, un « GIEC » des nouvelles technologies pour évaluer leurs impacts, voire un « CERN de l'agrotechnique » pour préserver des modèles de recherche ouverts. Si de telles propositions peuvent sembler utopiques, le CERN lui-même offre un précédent concret¹²⁸. Fondé dans un contexte historique de rivalités géopolitiques intenses, il a réussi à instaurer une gouvernance collective ouverte aux pays à faibles revenus et aux non-membres, démontrant ainsi qu'une institution scientifique peut fonctionner comme un Commun mondial. Rien n'empêche d'imaginer des dispositifs similaires dans d'autres domaines.

Démocratiser la technique ne peut donc pas se réduire à invoquer la participation. Cela exige une **architecture institutionnelle multi-échelle**, capable d'articuler expériences locales et cadres globaux, de traduire la délibération en règles effectives, de réintroduire la puissance publique comme garante de l'intérêt collectif, et de traiter la technologie comme un bien commun. À ce prix seulement, la transition agroécologique pourra se déployer sur des bases solides.

À RETENIR :

- [La critique citoyenne est difficile face aux promesses de solutions simples et rapides, redoublées par des récits bien rodés.
- [L'agroécologie appelle à une démocratisation de la technique contre la mainmise des oligopoles agro-industriels.
- [La recherche-action participative permet d'articuler les savoirs scientifiques, paysans et citoyens pour co-produire des outils adaptés.
- [Des institutions indépendantes et ouvertes d'évaluation des technologies doivent être réactivées et renforcées à plusieurs échelles.
- [Il est généralement nécessaire, du local au global, de mettre en place des institutions qui gèrent la technologie comme un Commun.
- [Le retour de la puissance publique est crucial pour encadrer l'innovation et réorienter financements et éducation vers l'agroécologie.

Les 8 principes de **gestion des Communs**¹²⁹ définis par Elinor Ostrom



4.

L'agroécologie : un modèle qui reconnecte la technique au vivant

L'agroécologie est donc un retour à la bêche et à la charrue ? La réponse est... à la fois non et oui.

NON

L'agroécologie n'est pas une technophobie masquée. Elle constitue au contraire un **laboratoire d'innovation** où la créativité humaine se déploie pour esquisser les contours d'une technologie post-industrielle, attentive aux contextes, aux usages et aux impacts. Les collectifs d'auto-construction, les coopératives de mutualisation d'outils, les dispositifs de sélection participative des semences, les expériences de numérisation libre, montrent que l'innovation peut être partagée, appropriable, sobre, et au service du vivant. Les outils issus de ces démarches n'ont rien de régressif : ils répondent

à des besoins concrets et suivent des **critères de performance pluriels** (écologiques, sociaux, économiques). Ces initiatives sont à la fois un acte de résistance politique et écologique, et une proposition pionnière pour un futur concret.

Loin donc d'un rejet dogmatique de la modernité, l'agroécologie reconfigure le rapport entre technique, humains et nature. Elle n'entend pas abolir la machine ni effacer les savoirs scientifiques, mais les inscrire dans un horizon qui valorise la diversité

des pratiques, l'autonomie des communautés, la justice sociale et la régénération des écosystèmes. Le véritable clivage n'oppose donc pas un « avant » archaïque à un « après » moderne, mais **deux ontologies de la technique** : l'une, prométhéenne et extractiviste, qui simplifie le vivant pour mieux l'exploiter ; l'autre, relationnelle et écocentrée, qui cherche à tisser des alliances avec les processus naturels. L'agroécologie se situe résolument dans cette seconde perspective.

OUI

Dans un monde saturé par les conséquences sociales et écologiques de l'agrotechnique industrielle, des paysannes du Sud et du Nord global redécouvrent des outils et des gestes anciens, réinterprétés à la lumière des savoirs contemporains. Ces technologies agricoles ne sont pas des reliques figées, mais des dispositifs Low-tech éprouvés durant des siècles qui offrent des **pistes précieuses pour concevoir des réponses robustes aux crises actuelles**. Elles ont été souvent conçues dans un contexte de fortes contraintes énergétiques et privilégient la résilience

multifonctionnelle sur le long terme, plutôt que la quête illusoire du rendement maximal à court terme. La revalorisation de certaines techniques du passé n'est donc pas un renoncement à la modernité, mais un choix raisonné, nourri d'une conscience des limites écologiques et sociales du modèle actuel.

De ce point de vue, l'agroécologie ne saurait être réduite ni à l'adoption passive de technologies industrielles maquillées en vert, ni à une régression volontaire vers des formes de labour romantisées. Elle est un **projet de**

transformation systémique, capable d'intégrer des techniques modernes lorsqu'elles renforcent l'autonomie et l'équité, mais aussi de s'en passer lorsqu'elles compromettent ces objectifs. La clé réside dans la capacité à trier, adapter, détourner, et surtout, à replacer chaque innovation dans un cadre politique clair : celui d'une agriculture qui sert les communautés et les écosystèmes, plutôt que les oligopoles et la dépendance. C'est dans cette exigence de discernement et de contextualisation que réside la **véritable modernité agroécologique**.

EN SOMME...

Si l'agroécologie demeure mal comprise, c'est qu'elle est victime d'un double malentendu. D'une part, l'on continue à réduire la technologie à ses expressions industrielles, mécaniques

ou numériques, comme si toute innovation devait passer par les canaux des multinationales agro-industrielles ou de la Silicon Valley. L'agroécologie ne propose ni un rejet dogmatique

des technologies modernes, ni une foi aveugle dans l'innovation high-tech, mais une pluralité de réponses ancrées dans des contextes précis. Il serait illusoire toutefois de prétendre



© : « Sheep grazing vineyards » par AGFORWARD project, CC-BY-NC-SA 2.0

que ces techniques sont exemptes de contraintes : elles exigent une capacité d'observation fine et patiente, des formes de coopération rarement valorisées par les logiques de marché, ainsi qu'un travail intense et chronophage. C'est précisément pourquoi le développement d'outils techniques adaptés, accessibles, co-conçus et soutenu par des politiques publiques est une **condition sine qua non du passage à l'échelle de l'agroécologie**.

D'autre part, l'on refuse de voir que la technique n'est jamais neutre, qu'elle est toujours traversée de rapports de pouvoir, de récits et de choix. Croire

que la technique s'imposerait d'elle-même, indépendamment des sociétés qui la produisent et des finalités qu'elles poursuivent, est l'une des illusions (entretenu) les plus tenaces de la modernité. L'agroécologie dissipe cette illusion. Sans recherche participative, la science agricole restera prisonnière de ses laboratoires. Sans évaluation technologique, les États demeureront désarmés face à l'offensive des multinationales. Sans Communs technologiques, la logique d'appropriation spéculative privera les communautés de leur capacité à préserver les ressources collectivement. Une démocratisation de la technique

ne supprimera pas les conflits, mais offrira des espaces pour les affronter. Elle ne produira pas d'unanimité, mais garantira que les choix techniques soient discutés, argumentés et négociés, plutôt qu'imposés par la seule logique du marché.

La bonne question n'est finalement pas de savoir s'il faut revenir à la bêche ou à la charrue. Elle est de savoir : qui décide des outils ? À quelles fins ? Dans quel contexte ? Avec quels effets visibles et invisibles (ou invisibilisés) ? À ces questions, l'agroécologie apporte une réponse claire : **politiser la technique**.

Notes bibliographiques

- 1 Mansholt, S. L. (1967, 8 novembre). Discours de M. Sicco L. Mansholt, vice-président de la Commission des Communautés européennes. Présenté au théâtre SHELL, Londres, Commission des Communautés européennes. <https://aei.pitt.edu/13632/1/S71.pdf>
- 2 Tracy, M. (1989). Government and agriculture in Western Europe, 1880–1988 (3rd ed.). Harvester Wheatsheaf.
- 3 Morhais, S. (2015). PAC, son histoire et ses réformes. Educagri Éditions.
- 4 Djurfeldt, G., Holmén, H., Jirstrom, M., Larsson, R. (Eds.). (2005). The African food crisis: Lessons from the Asian green revolution. CABI Publishing.
- 5 Evenson, R. E., Gollin, D. (Eds.). (2003). Crop variety improvement and its effect on productivity: The impact of international agricultural research. CABI Publishing.
- 6 Avery, D. T. (2011). Winning the food race. The Brown Journal of World Affairs, 18(1), 107–118.
- 7 Grassini, P., Eskridge, K. M., Cassman, K. G. (2013). Distinguishing between yield advances and yield plateaus in historical crop production trends. Nature communications, 4(1), 2918.
- 8 Da Silveira, F., Lermen, F. H., Amaral, F. G. (2021). An overview of agriculture 4.0 development: Systematic review of descriptions, technologies, barriers, advantages, and disadvantages. Computers and electronics in agriculture, 189, 106405.
- 9 Schwab, K. (2016, 11 janvier). The Fourth Industrial Revolution: What it means, how to respond. World Economic Forum. <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond/>
- 10 Abbasi, R., Martinez, P., Ahmad, R. (2022). The digitization of agricultural industry – a systematic literature review on agriculture 4.0. Smart Agricultural Technology, 2, 100042.
- 11 Voir par exemple :
Sillon Belge. (2025, 21 mai). Un nouvel allié pour le bien-être animal dans les abattoirs. <https://www.sillonbelge.be/14872/article/2025-05-21/un-nouvel-allie-pour-le-bien-etre-animal-dans-les-abattoirs>
Réussir. (2025, 21 mai). Alexandre Morel : Une minute pour régler l'épandeur avec l'appli. <https://www.reussir.fr/machinisme/alexandre-morel-une-minute-pour-regler-lepandeur-avec-lappli>
The Guardian. (2021, 29 avril). Killer farm robot dispatches weeds with electric bolts. <https://www.theguardian.com/environment/2021/apr/29/killer-farm-robot-dispatches-weeds-with-electric-bolts>
- 12 Guthman, J. (2024). The Problem with Solutions: Why Silicon Valley Can't Hack the Future of Food. Univ of California Press.
- 13 Voir par exemple :
CGIAR. (2018, 29 Mars). Big data is the future – but where are the farmers? <https://bigdata.cgiar.org/big-data-is-the-future-but-where-are-the-farmers/>
World Economic Forum. (2018, 18 Juin). How big data is going to help feed two billion more people by 2050. <https://www.weforum.org/stories/2018/06/big-data-agriculture-farms-digital/>
Roland Berger. (2019). Focus Farming 4.0: How precision agriculture might save the world. https://www.rolandberger.com/publications/publication_pdf/roland_berger_precision_farming.pdf
Albiero, D., Paulo, R. L. D., Félix, J. C., Santos, J. D. S. G., Melo, R. P. (2020). Agriculture 4.0: A terminological introduction. Revista Ciência Agronômica, 51(spe), e20207737. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20200077>
- 14 Lajoie-O'Malley, A., Bronson, K., van der Burg, S., Klerkx, L. (2020). The future (s) of digital agriculture and sustainable food systems: An analysis of high-level policy documents. Ecosystem Services, 45, 101183.
- 15 Sage, C. (2024). Challenging high-tech solutionism in an era of polycrisis: A commentary on claims for novel foods and on building an alternative narrative. The International Journal of Sociology of Agriculture and Food, 30(2), 187-205.
- 16 J. Swinnen, A. Banerjee, H. de Gorter. (2001). Economic development, institutional change, and the political economy of agricultural protection: an econometric study of Belgium since the 19th century. 26 Agricultural Economics 25.
- 17 Russell, E. (2001). War and nature: fighting humans and insects with chemicals from World War I to Silent Spring. Cambridge University Press.
- 18 Husson, J. P., Marochini, E. (1997). Les remembrements agricoles entre économie et écologie. Norois. Environnement, aménagement, société, 173, 195-208.
- 19 Tracy, M. (1989). Op. Cit.
- 20 Morhais, S. (2015). Op. Cit.
- 21 Le Sillon Belge. (2021, 22 mars). Encourager près de 5 millions d'agriculteurs à quitter leur ferme, c'était «non, non et non!». <https://www.sillonbelge.be/7273/article/2021-03-22/encourager-pres-de-5-millions-dagriculteurs-quitter-leur-ferme-cetait-non-non-et>
- 22 Rosenberg, G.N., Dutkiewicz, J. (2021). Toward a Just Food System. Dissent 68(3), 197-203.
- 23 Djurfeldt, G., Holmén, H., Jirstrom, M., Larsson, R. (Eds.). (2005). Op. Cit.
- 24 Khush, G. S. (1999). Green revolution: preparing for the 21st century. Genome, 42(4), 646-655.
- 25 Tribe, D. E. (1994). Feeding and greening the world: The role of international agricultural research. CAB International.
- 26 Perkins, J. H. (1997). Geopolitics and the green revolution: Wheat, genes, and the cold war. New York: Oxford University Press.
- 27 Tracy, M. (1989). Op. Cit.
- 28 L'Atelier Paysan. (2021). Observations sur les technologies agricoles. La Petite Bibliothèque Paysanne.
- 29 Clapp, J. (2021). The problem with growing corporate concentration and power in the global food system. Nature Food, Vol. 2, pp. 404-408.
- 30 Sauvagerd, M., Mayer, M., Hartmann, M. (2024). Digital platforms in the agricultural sector: Dynamics of oligopolistic platformisation. Big Data & Society, 11(4).
- 31 Sources des données dans : ETC Group. (2025). Top 10 Agribusiness Giants: corporate concentration in food & farming in 2025. <https://www.etcgroup.org/fr/content/top-10-agribusiness-giants-corporate-concentration-in-food-farming-in-2025>
- 32 Attribuée à Pat Mooney dans : ETC Group. (2023). Politics of technology. A Growing Culture. <https://agrowing-culture.org/politics-of-technology/>
- 33 Voir par exemple :
Gandhi, M. K. (1997). Hind Swaraj and other writings (A. Parel, Éd.). Cambridge University Press. (Œuvre originale publiée en 1909).
Mumford, L. (1934). Technics and civilization. New York: Harcourt, Brace & Company.
Ellul, J. (1954). La technique ou l'enjeu du siècle. Paris: Armand Colin.
Marcuse, H. (1964). One-dimensional man: Studies in the ideology of advanced industrial society. Boston: Beacon Press.
Cockburn, C. (1983). Brothers: Male dominance and technological change. London: Pluto.
- 34 Dyer, C. (1989). Standards of Living in the later Middle Ages: Social change in England c. 1200-1520. Cambridge University Press.
- 35 Denning, A. (2012). How much did Gothic churches cost?: An estimate of ecclesiastical building costs in the Paris Basin between 1100-1250. Florida Atlantic University Libraries.
- 36 Baptist, E. E. (2016). The half has never been told: Slavery and the making of American capitalism. Hachette UK.

- 37 Hobsbawm, E., Rudé, G. (2014). *Captain Swing*. Verso Books. (Œuvre originale publiée en 1973).
- 38 Sclove, R. E. (1995). Making technology democratic. In J. Brook, I. A. Boal (Eds.), *Resisting the virtual life: The culture and politics of information* (pp. 85–101). City Lights Publishers.
- 39 FIDA, Bioversity International. (2021). Promouvoir les espèces négligées et sous-utilisées dans l'intérêt des marchés nationaux.
- 40 Graham, R. D., Welch, R. M., Saunders, D. A., Ortiz-Monasterio, I., Bouis, H. E., Bonierbale, M., ... & Twomlow, S. (2007). Nutritious subsistence food systems. *Advances in agronomy*, 92, 1-74.
- 41 Bisht, N., & Chauhan, P. S. (2020). Excessive and disproportionate use of chemicals cause soil contamination and nutritional stress. In *Soil contamination*. IntechOpen.
- 42 Kim, K. H., Kabir, E., Jahan, S. A. (2017). Exposure to pesticides and the associated human health effects. *Science of the total environment*, 575, 525-535.
- 43 Schmitz, A., Moss, C. B. (2015). Mechanized agriculture: Machine adoption, farm size, and labor displacement.
- 44 FAO. (2023). *The State of Food and Agriculture*.
- 45 ECVC. (2025, avril). Les défis de la numérisation pour l'agroécologie paysanne. <https://www.eurovia.org/fr/publications/les-defis-de-la-numerisation-pour-la-groecologie-paysanne/>
- 46 Winner, L. (1986). *The Whale and the Reactor: A Search for Limits in an Age of High Technology*. Chicago, IL: University of Chicago Press.
- 47 Acemoglu, D., Johnson, S. (2023). *Power and progress: our thousand-year struggle over technology and prosperity*. First edition. PublicAffairs.
- 48 Bourdieu, P. (1986). The forms of capital. In J. Richardson (Ed.), *Handbook of theory and research for the sociology of education* (pp. 241–258). Greenwood Press.
- 49 Élaboré sur base de: ETC Group, A Growing Culture. (2023). *Politics of technology*.
- 50 Steinhart, J. S., Steinhart, C. E. (1974). Energy use in the US food system. *Science*, 184(4134), 307-316.; Glaub, M., Hall, C. A. (2017). Evolutionary implications of persistence hunting: an examination of energy return on investment for! Kung hunting. *Human Ecology*, 45, 393-401.
- 51 Mazoyer M., Roudart L. (1997). *Histoires des agricultures du monde ; Du néolithique à la crise contemporaine*, Seuil, Paris.
- 52 Daviron, B. (2019). *Biomasse: Une histoire de richesse et de puissance*. Quae.
- 53 Ibidem.
- 54 Pimentel, D., Hurd, L. E., Bellotti, A. C., Forster, M. J., Oka, I. N., Sholes, O. D., Whitman, R. J. (1973). Food production and the energy crisis. *Science*, 182(4111), 443-449.
- 55 Voir par exemple :
Leach, G. (1975). Energy and food production. *Food Policy*, 1(1), 62-73. ;
Campos, P., Naredo, J. M. (1980). Los balances energéticos de la agricultura española. *Agricultura y sociedad*, 15, 163-256. ;
Marshall, Z., Brockway, P. E. (2020). A net energy analysis of the global agriculture, aquaculture, fishing and forestry system. *Biophysical Economics and Sustainability*, 5(2), 9.
- 56 Heller, M. C., Keoleian, G. A. (2003). Assessing the sustainability of the US food system: a life cycle perspective. *Agricultural Systems*, 76, 1007-1041. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308521X02000276?via%3Dihub>
- 57 Jordi, G., Cheilari, A., Damalas, D., Barbas, T. (2016). Oil for Fish: An Energy Return on Investment Analysis of Selected European Union Fishing Fleets. *Journal Of Industrial Ecology*. 20(1). 145-153. <https://doi.org/10.1111/jiec.12272>.
- 58 Atlason, R.S., Danner, R.I., Unnthorsson, R. et al. Energy Return on Investment for Aquaponics: Case Studies from Iceland and Spain. *Biophys Econ Resour Qual* 2, 3 (2017). <https://doi.org/10.1007/s41247-017-0020-5>
- 59 Pimentel, D., Pimentel, M. H. (2007). *Food, energy, and society*. CRC press.
- 60 ADEME, ARCEP. (2021). Évaluation de l'impact environnemental du numérique en France et analyse prospective à 2030 et 2050. <https://librairie.ademe.fr/air-et-transport/4621-evaluation-de-l-impact-environnemental-du-numerique-en-france-et-analyse-prospective.html>
- 61 Hall, C. A., Lambert, J. G., Balogh, S. B. (2014). EROI of different fuels and the implications for society. *Energy policy*, 64, 141-152.
- 62 Gagnon, N., Hall, C. A., Brinker, L. (2009). A preliminary investigation of energy return on energy investment for global oil and gas production. *Energies*, 2(3), 490-503.
- 63 Guilford, M. C., Hall, C. A., Connor, P. O., Cleveland, C. J. (2011). A new long term assessment of energy return on investment (EROI) for US oil and gas discovery and production. *Sustainability*, 3(10), 1866-1887.
- 64 Jasinski, S. M. (2021). Mineral commodity summaries: phosphate rock. US Geological Survey.
- 65 Cordell, D., White, S. (2014). Life's bottleneck: sustaining the world's phosphorus for a food secure future. *Annual review of environment and resources*, 39(1), 161-188.
- 66 Fizaine, F., Court, V. (2015). Renewable electricity producing technologies and metal depletion: A sensitivity analysis using the EROI. *Ecological Economics*, 110, 106-118.
- 67 Cellard, L., Marquet, C. (2025). Matérialités environnementales du numérique. RESET. *Recherches en sciences sociales sur Internet*, (15).
- 68 Schumacher, E. F. (1973). *Small is beautiful: A study of economics as if people mattered*. Blond & Briggs.
- 69 Mazoyer M., Roudart L. (1997). *Op. Cit.*
- 70 Horkheimer, M., Adorno, T. W. (2002). *Dialectic of enlightenment* (E. Jephcott, Trans.). Stanford University Press. (Œuvre originale publiée en 1944).
- 71 Hamant, O. (2023). *Antidote au culte de la performance: la robustesse du vivant* (pp. 1-63). Gallimard.
- 72 Illich, I. (1973). *La convivialité*. Éditions du Seuil.
- 73 Puig de la Bellacasa, M. (2017). *Matters of care: Speculative ethics in more than human worlds*. University of Minnesota Press.
- 74 Wired. (1997, 1^{er} février). You are cyborg. <https://www.wired.com/1997/02/ffharaway/>
- 75 Ewert, F., Baatz, R., Finger, R. (2023). Agroecology for a sustainable agriculture and food system: from local solutions to large-scale adoption. *Annual Review of Resource Economics*, 15(1), 351-381.
- 76 HLPE. (2019). *Approches agroécologiques et autres approches novatrices pour une agriculture et des systèmes alimentaires durables propres à améliorer la sécurité alimentaire et la nutrition*. Committee on World Food Security. Rome, 189 p.
- 77 Gliessman, S. (2018). Defining agroecology. *Agroecology and sustainable food systems*, 42(6), 599-600.
- 78 Coolsaet, B. (2016). Towards an agroecology of knowledges: Recognition, cognitive justice and farmers' autonomy in France. *Journal of Rural Studies*, 47, 165-171.
- 79 Stassart, P. M., Baret, P., Grégoire, J. C., Hance, T., Mormont, M., Reheul, D., ... Visser, M. (2012). *L'agroécologie: trajectoire et potentiel. Pour une transition vers des systèmes alimentaires durables*. Agroécologie, entre pratiques et sciences sociales, 25-51.
- 80 Altieri, M. A., Nicholls, C. I., Montalba, R. (2017). Technological approaches to sustainable agriculture at a crossroads: An agroecological perspective. *Sustainability*, 9(3), 349.
- 81 ETC Group. (2022). *Small-scale farmers and peasants still feed the world*. <https://www.etcgroup.org/content/small-scale-farmers-and-peasants-still-feed-the-world-2022>
- 82 IFAD, UNEP. (2013). *Smallholders, food security and the environment*. International Fund for Agricultural Development (IFAD). https://www.ifad.org/documents/38714170/39135645/smallholders_report.pdf/133e8903-0204-4e7d-a780-bca847933f2e
- 83 Kremen, C., Merenlender, A. M. (2018). Landscapes that work for biodiversity and people. *Science*, 362(6412), eaau6020.

RETOUR AU SOMMAIRE

- 84 Jensen, E. S., Carlsson, G., Hauggaard-Nielsen, H. (2020). Intercropping of grain legumes and cereals improves the use of soil N resources and reduces the requirement for synthetic fertilizer N: A global-scale analysis. *Agronomy for sustainable development*, 40(1), 5.
- 85 Gordon, A. M., Newman, S. M., Coleman, B. R. W., Thevathasan, N. V. (2018). Temperate agroforestry: an overview. *Temperate agroforestry systems*, 1-6.
- 86 Lewis, W. J., Van Lenteren, J. C., Phatak, S. C., Tumlinson Iii, J. H. (1997). A total system approach to sustainable pest management. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 94(23), 12243-12248.
- 87 Lin, B. B. (2011). Resilience in agriculture through crop diversification: adaptive management for environmental change. *BioScience*, 61(3), 183-193.
- 88 Ochoa-Tocachi, B. F., Bardales, J. D., Antiporta, J., Pérez, K., Acosta, L., Mao, F., ... & Buytaert, W. (2019). Potential contributions of pre-Inca infiltration infrastructure to Andean water security. *Nature Sustainability*, 2(7), 584-593.
- 89 Madramootoo, C. A., Morrison, J. (2013). Advances and challenges with micro-irrigation. *Irrigation and Drainage*, 62(3), 255-261.
- 90 Singh, N. K., Sachan, K., Bp, M., Panotra, N., Katiyar, D. (2024). Building soil health and fertility through organic amendments and practices: a review. *Asian Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 10(1), 175-197.
- 91 Bona, D., Iussig, G., & Silvestri, S. (2020). The circular economy concept application to livestock systems: An agroecological approach. *CABI Reviews*, (2020).
- 92 Westengen, O. T., Dalle, S. P., Mulesa, T. H. (2023). Navigating toward resilient and inclusive seed systems. *Proceedings of the national academy of sciences*, 120(14), e2218777120.
- 93 Wit, M. D. (2017). Stealing into the wild: conservation science, plant breeding and the makings of new seed enclosures.
- 94 Carlisle, L., Montenegro de Wit, M., DeLonge, M. S., Iles, A., Calo, A., Getz, C., ... & Press, D. (2019). Transitioning to sustainable agriculture requires growing and sustaining an ecologically skilled workforce. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 3, 96.
- 95 Salembier, C., Segrestin, B., Sinoir, N., Templier, J., Weil, B., Meynard, J.-M. (2020). Design of equipment for agroecology: Coupled innovation processes led by farmer-designers. *Agricultural Systems*, 183.
- 96 Zeigler, R. S., Barclay, A. (2008). The relevance of rice. *Rice*, 1(1), 3-10.
- 97 Prasad, R., Shivay, Y. S., & Kumar, D. (2017). Current status, challenges, and opportunities in rice production. *Rice production worldwide*, 1-32.
- 98 Nayak, P. K., Nayak, A. K., Panda, B. B., Lal, B., Gautam, P., Poonam, A., ... & Jambhulkar, N. N. (2018). Ecological mechanism and diversity in rice based integrated farming system. *Ecological Indicators*, 91, 359-375.
- 99 Khumairoh, U., Groot, J. C., Lantinga, E. A. (2012). Complex agro-ecosystems for food security in a changing climate. *Ecology and evolution*, 2(7), 1696-1704.
- 100 Cagauan, A. G., Branckaert, R. D., Van Hove, C. (2000). Integrating fish and azolla into rice-duck farming in Asia. *Naga*, 23(1), 4-10.
- 101 Sow, S., Ranjan, S. (2020). Integration of Azolla and fish in rice-duck farming system. *Agriculture & Food (E-newsletter)*, 2, 496-499.
- 102 Peterson, C. A., Eviner, V. T., Gaudin, A. C. (2018). Ways forward for resilience research in agroecosystems. *Agricultural Systems*, 162, 19-27.
- 103 Westengen, O. T., Dalle, S. P., Mulesa, T. H. (2023). Op. Cit.
- 104 Quist, D. A., Heinemann, J. A., Myhr, A. I., Aslaksen, I., & Funtowicz, S. (2013). 19 Hungry for innovation: pathways from GM crops to agroecology. *Late lessons from early warnings: Science, precaution, innovation*, 458.
- 105 Weiner, J. (2019). Looking in the wrong direction for higher-yielding crop genotypes. *Trends in Plant Science*, 24(10), 927-933.
- 106 Altieri, M. A., Nicholls, C. I., Dinelli, G., & Negri, L. (2024). Towards an agroecological approach to crop health: reducing pest incidence through synergies between plant diversity and soil microbial ecology. *npj Sustainable Agriculture*, 2(1), 6.
- 107 Place, F., Barrett, C. B., Freeman, H. A., Ramisch, J. J., Vanlauwe, B. (2003). Prospects for integrated soil fertility management using organic and inorganic inputs: evidence from smallholder African agricultural systems. *Food policy*, 28(4), 365-378.
- 108 Altieri, M. A., Nicholls, C. I., Montalba, R. (2017). Op. Cit.
- 109 Magrini, M.-B., Béfort, N., Nieddu, M. (2019). Technological lock-in and pathways for crop diversification in the bio-economy. In Lemaire, G., De Faccio Carvalho, P.C., Kronberg, S., Recous, S. (Eds.), *Agroecosystem Diversity: Reconciling Contemporary Agriculture and Environmental Quality* (pp. 375-388). Academic Press.
- 110 Ditzler, L., Driessen, C. (2022). Automating agroecology: How to design a farming robot without a monocultural mindset?. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 35(1), 2.
- 111 Rose, D. C., Wheeler, R., Winter, M., Lobley, M., Chivers, C. A. (2021). *Agriculture 4.0: Making it work for people, production, and the planet*. Land use policy, 100, 104933.
- 112 Leveau, L., Bénél, A., Cahier, J. P., Pinet, F., Salembier, P., Soullignac, V., & Bergez, J. E. (2019). Information and communication technology (ICT) and the agroecological transition. In *Agroecological transitions: from theory to practice in local participatory design* (pp. 263-287). Cham: Springer International Publishing.
- 113 Ajena, F., Bossard, N., Clément, C., Hibeck, A., Tiselli, E., Oehen, B. (2022). *Agroecology & Digitalisation: traps and opportunities to transform the food system*.
- 114 IPES-Food. (2016). From uniformity to diversity: A paradigm shift from industrial agriculture to diversified agroecological systems. <http://www.ipes-food.org/images/Reports/UniformityToDiversity-FullReport.pdf>
- 115 Calame, M., & Mouchet, C. (2020). Quelles techniques pour l'agriculture écologique?. *La Pensée écologique*, 5(1), 2-2.
- 116 Šūmane, S., Kunda, I., Knickel, K., Strauss, A., Tisenkopfs, T., des los Rios, I., ... & Ashkenazy, A. (2018). Local and farmers' knowledge matters! How integrating informal and formal knowledge enhances sustainable and resilient agriculture. *Journal of Rural Studies*, 59, 232-241.
- 117 Pain, R., Francis, P. (2003). Reflections on participatory research. *Area*, 35(1), 46-54.
- 118 Van Eijnhoven, J. C. (1997). Technology assessment: Product or process?. *Technological forecasting and social change*, 54(2-3), 269-286.
- 119 Banta, D. (2009). What is technology assessment?. *International journal of technology assessment in health care*, 25(S1), 7-9.
- 120 La Porte, T. M. (1997). New opportunities for technology assessment in the post-OTA world. *Technological Forecasting and Social Change*, 54(2-3), 199-214.
- 121 Ostrom, E. (1990). *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*. Cambridge University Press, New York.
- 122 Hardin. G. (1968). *The Tragedy of the Commons*. Science, Vol 162, p. 1243.
- 123 Duru, M., Therond, O., Fares, M. H. (2015). Designing agroecological transitions; A review. *Agronomy for sustainable development*, 35(4), 0.
- 124 Pajot, B. (2025). Le solutionnisme technologique : vrais problèmes, fausses solutions?. IFRI.
- 125 Global Alliance for the Future of Food. (2024). *Cultivating Change: A Collaborative Philanthropic Initiative to Accelerate and Scale Agroecology and Regenerative Approaches*.
- 126 ETC Group. (2011, novembre). *Tackling technology: Three proposals for Rio: Contribution to the Rio+20 Zero Draft*. https://www.etcgroup.org/sites/www.etcgroup.org/files/publication/pdf_file/ETCGroup_Zero%20Draft_Submission_111101%20final.pdf
- 127 Basé sur: Pajot, B. (2025). Op. Cit.
- 128 Lynn, L., Salzman, H. (2023). Collaborative advantage: creating global commons for science, technology, and innovation. *Issues in Science and Technology*.
- 129 Adapté de: Ostrom, E. (1990) Op. Cit.

L'Agroécologie : **un retour à la bêche et la charrue ?**

Depuis plus de soixante ans, l'agriculture est traversée par une promesse récurrente : celle de libérer l'humanité de la faim et de la pénibilité grâce à la modernisation technologique. Des engrais minéraux aux pesticides de synthèse, puis aux biotechnologies et désormais au numérique, ce récit du salut par l'innovation technique ne cesse de se réactualiser.

Aujourd'hui, les nouveaux outils de l'« Agriculture 4.0 » (capteurs, logiciels, robots, intelligence artificielle...) sont présentés comme une rupture décisive, enfin capable de concilier productivité et durabilité. Mais derrière ces nouvelles promesses, des mêmes risques perdurent : la fuite en avant dans l'industrialisation et homogénéisation des campagnes, l'accroissement des dépendances techniques et l'occultation des alternatives.

La question posée dans le titre de cette nouvelle édition de Phosphore se veut provocatrice, résumant pourtant l'une des principales accusations qui est adressée à l'agroécologie : celle d'un romantisme passéiste, d'un retour en arrière incompatible avec l'exigence de nourrir la planète. Mais de quel progrès parle-t-on ? Pour qui ? À quel prix ?