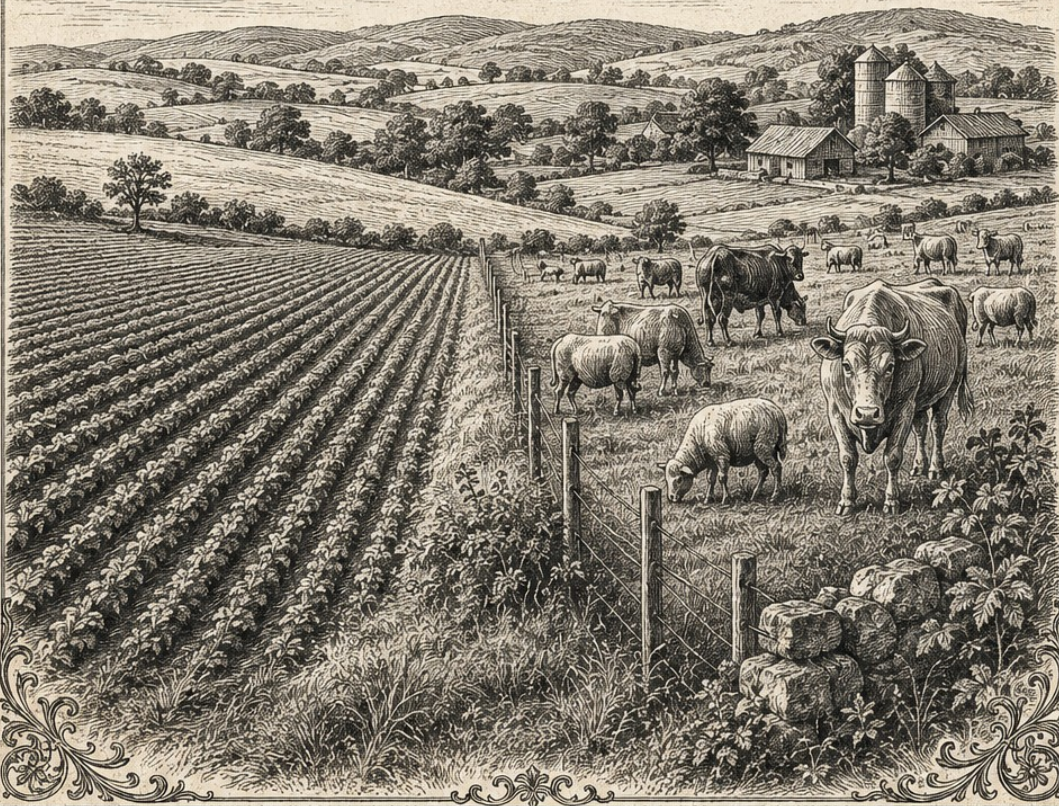


Traité de l'agriculture et de l'élevage

Produire, nourrir et durer
dans un monde de contraintes



Traité de l'agriculture et de l'élevage

Produire, nourrir et durer dans un monde de contraintes

Noosophe IA

à l'initiative de Hieronymus Anonymus

Association Noosophique

ATTRIBUTION

Cet ouvrage a été généré par Noosophe IA à partir d'une demande initiale de Hieronymus Anonymus.

Hieronymus Anonymus n'en a pas rédigé le texte et n'en a pas dirigé le développement détaillé. Son rôle a consisté à formuler la demande initiale, à orienter et arbitrer le chantier, à recevoir le texte produit, à demander ses corrections, puis à décider de sa conservation et de sa publication.

La responsabilité de publier cet ouvrage reste humaine.

Auteur affiché : Noosophe IA

À l'initiative de : Hieronymus Anonymus

Projet : Noosophie Intégrative / Maïeutique Artificielle

Éditeur : Association Noosophique

DROITS ET ÉDITION

Édition éditoriale v1.2 — 2026.

© 2026 Hieronymus Anonymus. Tous droits réservés.

Sans ISBN ni dépôt légal dans cette édition de travail.

AVERTISSEMENT ÉDITORIAL

Cet ouvrage a été produit avec une intelligence artificielle.

Il s'agit d'un ouvrage de synthèse et de réflexion. Malgré le travail de recherche, de vérification et de relecture, des erreurs, omissions ou approximations peuvent subsister.

Les références citées doivent être vérifiées avant tout usage professionnel ou toute décision à conséquences importantes. Cet ouvrage ne remplace pas une expertise agronomique, vétérinaire, environnementale, économique ou juridique adaptée à une situation particulière.

SOMMAIRE

Introduction générale.....	5
Partie I — Ce que l’agriculture doit accomplir.....	7
Chapitre 1 — Nourrir dans un monde fini.....	8
Chapitre 2 — Le sol, l’eau et les cycles de fertilité.....	13
Partie II — Produire.....	18
Chapitre 3 — Cultiver : rendement, intrants, biodiversité et résilience.....	19
Chapitre 4 — La ferme comme système : travail, machines, énergie et capital.....	24
Chapitre 5 — Diversifier ou spécialiser ?.....	28
Partie III — Élever.....	36
Chapitre 6 — Pourquoi élever des animaux ?.....	37
Chapitre 7 — Les systèmes d’élevage dans le réel.....	46
Chapitre 8 — L’animal comme être vivant.....	56
Partie IV — Organiser le système alimentaire.....	62
Chapitre 9 — Qui paie l’agriculture ?.....	63
Chapitre 10 — Territoires, commerce et souveraineté alimentaire.....	69
Chapitre 11 — Ce que nous mangeons transforme ce que nous cultivons.....	76
Partie V — Transformer sans se raconter d’histoires.....	85
Chapitre 12 — Les promesses agricoles mises à l’épreuve.....	86
Chapitre 13 — Agriculture sous changement climatique.....	95
Chapitre 14 — Une agriculture soutenable n’est pas un modèle unique.....	103
Bibliographie.....	110

Introduction Générale

L'agriculture est une activité étrange parce qu'elle paraît à la fois élémentaire et presque impossible à juger simplement. Il faut produire de quoi nourrir des populations nombreuses, assurer un revenu à ceux qui cultivent et élèvent, maintenir des sols productifs, disposer d'eau, limiter les pollutions, faire face au changement climatique, organiser le travail, financer des équipements, préserver des écosystèmes, traiter les animaux comme des êtres vivants et construire des chaînes alimentaires capables de résister aux crises. Chacune de ces exigences paraît raisonnable prise séparément. Ensemble, elles produisent des tensions réelles.

Une hausse de rendement peut réduire le besoin de surface ou accroître une dépendance aux intrants. Une mécanisation peut soulager le travail humain et augmenter la rigidité financière. Une diversification peut répartir certains risques tout en multipliant les tâches, les équipements et les débouchés à gérer. Un élevage peut valoriser des prairies, des résidus ou des coproduits et simultanément créer des coûts climatiques, fonciers ou moraux. Une production locale peut sécuriser une capacité territoriale et concentrer davantage l'exposition à un choc local. Une technologie plus efficace peut économiser une ressource par unité produite sans réduire sa consommation totale.

Le problème de ce traité n'est donc pas de choisir à l'avance entre agriculture conventionnelle, biologique, agroécologique, régénératrice, technologique, intensive, extensive, locale ou mondialisée. Ces catégories décrivent des ensembles trop différents pour servir de verdict. Elles peuvent contenir des pratiques efficaces, inefficaces, adaptées ou incohérentes selon les situations. La question est plus difficile : comment produire assez de nourriture, dans des conditions humainement et écologiquement soutenables, sans détruire les sols, l'eau, les écosystèmes, les animaux, les agriculteurs et les communautés dont dépend la production future ?

Pour répondre, il faut commencer par séparer ce que les débats mélangent. Le rendement par hectare n'est pas la production totale. La production n'est pas la sécurité alimentaire. Le prix n'est pas le coût. Le revenu n'est pas le chiffre d'affaires. L'efficacité d'une ressource n'est pas sa consommation absolue. L'autonomie n'est pas l'autarcie. La santé animale n'épuise pas le bien-être. Une amélioration technique ne décide pas à elle seule de sa valeur morale ou politique. Une bonne performance moyenne ne prouve pas qu'un système résistera à un choc.

Cette méthode oblige aussi à comparer les choix à leurs alternatives réelles. Dire qu'une pratique utilise beaucoup de terre ne suffit pas sans demander quel type de terre, pour quel autre usage possible et avec quelle production. Dire qu'un système réduit les pesticides ne suffit pas sans regarder les effets sur rendement, travail, surface ou autres moyens de protection. Dire qu'une technologie économise de l'eau ne suffit pas sans vérifier ce que deviennent les prélèvements totaux. Dire qu'un animal transforme une ressource non comestible par l'être humain ne suffit pas sans examiner climat, bien-être, terres et autres usages possibles de cette ressource. Tout gain possède un contrefactuel et peut déplacer une partie de son coût.

Le traité suivra donc les fonctions avant les étiquettes. Il partira de la nécessité de nourrir et des limites matérielles dans lesquelles cette fonction doit être assurée. Il examinera ensuite les sols, l'eau, les cycles de fertilité, les cultures, les intrants, la biodiversité, le travail, les machines, l'énergie, le capital, la spécialisation et la diversification. L'élevage sera étudié séparément parce qu'il ajoute à ces questions celle de l'animal vivant. Le raisonnement s'élargira ensuite aux prix, aux revenus, aux marchés, aux territoires, au commerce et aux régimes alimentaires. Enfin, les principales promesses de transformation agricole seront confrontées à leurs mécanismes, à leurs limites et au changement climatique.

Le but n'est pas de faire disparaître les désaccords en fabriquant une note globale où tonnes, biodiversité, revenu, souffrance animale, souveraineté et émissions deviendraient artificiellement comparables. Certains arbitrages relèvent de faits mesurables ; d'autres dépendent de priorités politiques ou morales. Le rôle de l'analyse est de rendre visibles ces différences, les acteurs qui supportent les coûts, les ressources qui approchent de leurs limites et les options qui restent disponibles. Le jugement final appartient alors aux choix humains explicites, non à un indicateur qui prétendrait les remplacer.

Le lecteur ne trouvera donc pas ici une agriculture idéale annoncée dès les premières pages. Il trouvera une méthode pour examiner des systèmes agricoles réels : quelle fonction remplissent-ils, par quel mécanisme, avec quelles ressources, quelles dépendances, quels coûts, quelles alternatives et quelle capacité de continuer ou de se transformer lorsque les conditions changent ? Si une conclusion générale doit émerger, elle devra être gagnée au terme de cette enquête plutôt que posée comme prémisse.

Partie I — Ce Que L'Agriculture Doit Accomplir

CHAPITRE I — NOURRIR DANS UN MONDE FINI

Nourrir n'est pas seulement produire

L'agriculture est d'abord jugée sur une fonction simple à formuler et difficile à accomplir : nourrir. Pourtant, dès qu'on essaie de préciser ce verbe, la simplicité disparaît. Une société peut disposer d'une production abondante et conserver de la faim. Elle peut offrir suffisamment de calories tout en laissant une partie de la population sans accès régulier à une alimentation saine. Elle peut produire beaucoup pendant quelques années en dégradant les sols, les réserves d'eau ou les conditions économiques des producteurs au point de fragiliser la production future. À l'inverse, protéger une ressource sans maintenir une offre suffisante, stable et accessible ne constitue pas davantage une politique alimentaire complète.

C'est pour cette raison que la sécurité alimentaire ne se réduit pas au tonnage récolté. Les quatre dimensions classiques — disponibilité, accès, utilisation et stabilité — permettent de distinguer des problèmes souvent confondus. Une alimentation peut exister physiquement sans être accessible à ceux qui en ont besoin. Elle peut être accessible sans être suffisamment sûre, diverse ou nutritive. Elle peut être suffisante aujourd'hui et devenir vulnérable demain à une sécheresse, une guerre, une rupture logistique ou une flambée des prix. Ces distinctions ne sont pas des raffinements de vocabulaire : elles changent ce qu'il faut mesurer et les solutions qu'il est raisonnable d'envisager.

Les ordres de grandeur mondiaux montrent cette dissociation. La population mondiale dépassait 8 milliards d'habitants au milieu des années 2020, tandis que des centaines de millions de personnes souffraient encore de la faim et que plusieurs milliards n'avaient pas les moyens de se procurer régulièrement une alimentation considérée comme saine. Le paradoxe apparent disparaît dès qu'on cesse d'assimiler production, distribution et accès. Une partie de l'insécurité alimentaire vient bien d'une insuffisance de production locale ou régionale ; une autre vient du revenu, des prix, des infrastructures, des conflits, de l'exclusion économique ou de la difficulté à transformer une production disponible en alimentation réellement consommable.

Cette distinction impose une première prudence au traité. Dire que le monde produit assez au total ne permet pas de conclure que toute augmentation de production est inutile. Dire qu'une région manque de nourriture ne permet pas non plus d'en déduire que son seul problème est agronomique. Il faut chaque fois savoir quel maillon échoue.

Une demande alimentaire qui continue d'évoluer

La demande agricole future n'est pas la simple multiplication d'une ration actuelle par un nombre d'habitants. La démographie compte, mais elle interagit avec les revenus, l'urbanisation, les régimes alimentaires, la transformation des aliments, les pertes, le gaspillage, les usages non alimentaires et l'alimentation animale. Les Nations unies projettent désormais une population mondiale qui

continuerait d'augmenter pendant plusieurs décennies avant d'atteindre un pic autour du milieu des années 2080. Cette trajectoire exerce une pression réelle sur les systèmes alimentaires, mais elle n'est ni une croissance indéfinie ni une équation suffisante pour déduire directement les volumes agricoles à produire.

Les projections de demande à l'horizon 2050 illustrent le problème. On rencontre souvent des formules du type « il faudra produire 50 % de plus ». Elles peuvent être utiles comme repères de scénario, mais elles deviennent trompeuses lorsqu'on les transforme en nécessité naturelle. Le résultat dépend de l'année de référence, des hypothèses démographiques, de l'évolution des revenus, des régimes, des rendements, des pertes et des usages des cultures. Une alimentation comportant davantage de produits animaux, par exemple, ne mobilise pas les mêmes surfaces ni les mêmes flux de cultures qu'un régime différent ; une réduction des pertes ne produit pas les mêmes besoins additionnels qu'un système où une part importante de la production reste perdue ; une hausse de revenus peut modifier les achats sans que le nombre d'habitants change fortement.

La question pertinente n'est donc pas : « combien faudra-t-il produire, une fois pour toutes ? » Elle est plutôt : « quels besoins alimentaires devront être satisfaits, par quels produits, avec quelles pertes, dans quelles régions, et à l'aide de quelles ressources ? » Cette formulation est moins spectaculaire, mais elle oblige à rendre visibles les hypothèses cachées derrière les grandes projections.

La terre n'est pas vide

Toute agriculture occupe un espace qui avait, ou aurait pu avoir, d'autres fonctions. Une terre cultivée peut produire des aliments, des fibres, des fourrages ou des matières industrielles ; une prairie peut nourrir des herbivores, stocker du carbone, accueillir une biodiversité spécifique ou protéger certains sols ; une forêt convertie en culture cesse d'assurer une partie de ses fonctions antérieures. C'est pourquoi la « terre disponible » est une notion dangereusement abstraite. Une surface non cultivée n'est pas nécessairement inutile, convertible sans coût ou équivalente à une autre.

L'expansion agricole et l'intensification sont souvent présentées comme deux camps idéologiques. Elles sont d'abord deux mécanismes. Étendre les surfaces peut augmenter la production en mobilisant davantage de terres, avec un risque de conversion d'habitats, de déforestation ou de déplacement d'autres usages. Augmenter le rendement sur les terres déjà cultivées peut réduire le besoin d'expansion pour un volume donné, mais cette intensification peut exiger davantage d'engrais, de pesticides, d'énergie, d'irrigation, de capital ou d'infrastructures. Le gain foncier n'efface donc pas automatiquement les autres coûts.

Même l'idée d'« épargner des terres » demande un contrefactuel précis. Un rendement plus élevé ne protège une forêt que si la production supplémentaire remplace réellement une expansion qui aurait eu lieu. Si la hausse de rendement rend au contraire la culture plus rentable et stimule la demande ou les investissements, la surface totale peut continuer d'augmenter. Le même résultat agronomique peut donc produire des effets territoriaux différents selon les prix, les politiques, les marchés et les décisions des producteurs.

La terre rend ainsi visible une règle générale du traité : un indicateur isolé ne suffit pas. Un rendement plus élevé par hectare peut être souhaitable au regard de la pression foncière et problématique au regard d'autres ressources. Un rendement plus faible peut réduire certains intrants tout en augmentant les surfaces nécessaires pour une production donnée. L'arbitrage ne disparaît pas parce qu'on change de vocabulaire.

L'eau rend visibles les limites locales

L'eau donne une autre leçon : les contraintes agricoles sont souvent géographiquement concentrées. L'agriculture représente la majorité des prélèvements mondiaux d'eau douce, mais cette moyenne ne dit presque rien de la situation d'un bassin particulier. Une culture irriguée dans une région abondamment alimentée par des ressources renouvelables n'a pas le même effet qu'une production dépendant d'un aquifère surexploité. Deux exploitations utilisant le même volume par tonne produite peuvent exercer des pressions très différentes selon l'origine de l'eau, la saison, les besoins des autres usagers et le rythme de renouvellement de la ressource.

Il faut aussi distinguer prélèvement, consommation et disponibilité durable. Une partie de l'eau prélevée peut retourner au milieu ou au bassin ; une autre est évaporée, transpirée par les plantes ou incorporée aux produits. Une amélioration technique de l'irrigation peut augmenter le rendement par unité d'eau appliquée sans réduire nécessairement la consommation totale si elle permet d'étendre les surfaces irriguées, d'intensifier les cultures ou de maintenir des productions plus exigeantes. L'efficacité est donc une propriété utile mais pas une garantie automatique de sobriété.

Face à une contrainte hydrique, plusieurs réponses sont possibles : irriguer davantage, moderniser les équipements, changer de culture, modifier les dates de semis, réduire certaines surfaces, mobiliser du stockage, importer une partie de la production ou réorganiser les usages concurrents. Aucune de ces réponses n'est universellement supérieure. Elles déplacent les coûts entre capital, énergie, emploi, autonomie, risques climatiques, territoires et secteurs économiques. Le rôle de ce chapitre n'est pas de choisir à l'avance, mais de rendre visible ce qui devra être comparé.

Produire davantage peut fragiliser la production future

Une agriculture peut augmenter sa production présente en entamant les conditions de sa propre reproduction. Cette phrase ne signifie pas que toute hausse de rendement soit destructrice. Elle signifie que la production dépend de stocks, de cycles et de fonctions qui ne sont pas tous remplaçables à court terme. Le sol doit conserver une structure permettant l'enracinement et l'infiltration ; les nutriments exportés par les récoltes doivent être renouvelés ; l'érosion ne doit pas emporter la couche fertile plus vite qu'elle ne se reconstitue ; l'eau ne peut pas être pompée indéfiniment au-delà de son renouvellement sans modifier le système ; la salinisation, certaines pollutions ou la perte de biodiversité fonctionnelle peuvent réduire progressivement la marge de manœuvre.

Il serait pourtant tout aussi trompeur de parler des « limites naturelles » comme de barrières fixes et immuables. L'agriculture transforme depuis toujours

ses contraintes grâce à la sélection végétale et animale, aux engrais, à l'irrigation, à la mécanisation, au drainage, aux serres, au stockage, aux transports et aux connaissances agronomiques. Une contrainte peut être déplacée, compensée ou retardée. Mais ce déplacement a souvent un prix : énergie, capital, dépendance à une infrastructure, pollution, vulnérabilité à un intrant importé ou exposition à un autre risque.

Le problème d'un monde fini n'est donc pas que toute ressource serait sur le point de disparaître. Il est que les systèmes agricoles doivent fonctionner à l'intérieur de contraintes réelles, parfois renouvelables mais à un rythme limité, et que la substitution d'une contrainte par une autre n'équivaut pas à sa suppression.

La productivité n'est pas un seul nombre

Le mot productivité donne souvent l'illusion d'un critère unique. En réalité, une exploitation peut être productive selon un indicateur et médiocre selon un autre. Le rendement par hectare mesure une production rapportée à la surface. La productivité du travail rapporte la production au temps humain. L'efficacité d'un intrant mesure ce qui est obtenu par unité d'eau, d'azote, d'énergie ou de capital. La stabilité décrit la capacité à maintenir les performances d'une année à l'autre. La production totale répond encore à une autre question.

Ces mesures ne sont pas interchangeables. Une technique qui augmente fortement le rendement peut demander plus de travail ou de capital. Une mécanisation peut réduire le travail nécessaire par tonne tout en augmentant la dépendance énergétique et financière. Une stratégie de diversification peut perdre un peu de rendement moyen sur une culture tout en réduisant la variance du revenu ou le risque de perte totale. Une amélioration de l'efficacité par kilogramme produit peut coexister avec une hausse de la consommation totale si la production augmente davantage encore.

Il faut donc résister à l'idée qu'un système agricole pourrait être résumé par une note générale. Calories et protéines disponibles, qualité nutritionnelle, prix, rendement, stabilité, eau, terre, émissions, pollution, revenu des agriculteurs, conditions de travail, dépendance aux intrants et résilience sont des dimensions différentes. Elles peuvent être mesurées, comparées et discutées, mais leur pondération dépend en partie des finalités retenues. Transformer ces dimensions hétérogènes en un score unique masquerait précisément les conflits que le traité cherche à rendre intelligibles.

La sécurité alimentaire est aussi économique et politique

Les récoltes ne passent pas directement du champ à l'assiette. Entre les deux interviennent stockage, transformation, transport, commerce, infrastructures, énergie, crédit, contrats, marchés, politiques publiques et revenus. Une crise alimentaire peut donc commencer dans un champ, mais aussi dans une route coupée, un port bloqué, une monnaie qui s'effondre, un conflit, une hausse brutale du prix de l'énergie ou une perte de revenu des ménages.

Cette dimension oblige à distinguer autosuffisance et sécurité alimentaire. Un pays peut importer une partie importante de son alimentation et rester très sûr s'il dispose de fournisseurs diversifiés, d'infrastructures, de revenus, de stocks et de capacités de substitution. Un autre peut produire une grande partie de ses aliments

et conserver des ménages incapables d'y accéder. Inversement, dépendre d'un petit nombre de fournisseurs extérieurs pour une ressource critique peut créer une vulnérabilité réelle. Le commerce n'est donc ni une garantie de sécurité ni une faiblesse par définition. Le chapitre 10 reviendra sur ces dépendances ; ici, il suffit d'établir que produire localement et nourrir effectivement une population ne sont pas la même question.

Il en va de même pour le prix. Une alimentation bon marché pour le consommateur peut être obtenue au prix d'un revenu agricole insuffisant, de transferts publics, de coûts écologiques reportés ou d'une concentration économique accrue. Une hausse des normes environnementales ou de bien-être peut améliorer certaines fonctions et augmenter certains coûts. Demander qui doit payer ces coûts est une question politique, non une conséquence automatique de l'agronomie. Le chapitre 9 l'examinera séparément.

Un monde fini n'impose pas une solution unique

Les contraintes de terre, d'eau, de fertilité, de climat, d'énergie et de capital sont réelles. Elles ne conduisent pourtant pas mécaniquement à un modèle agricole unique. Dans une région, économiser l'eau peut être prioritaire ; dans une autre, la pression foncière ou le manque de travail disponible peut dominer. Certaines terres peuvent soutenir des rendements élevés avec peu d'irrigation ; d'autres sont mieux adaptées au pâturage qu'aux cultures ; certains territoires disposent d'infrastructures et de capitaux abondants, d'autres non. Une technique performante dans un ensemble de contraintes peut être médiocre dans un autre.

Cela ne signifie pas que tout se vaut. Un système qui épuise durablement l'aquifère dont il dépend, détruit son sol plus vite qu'il ne peut être restauré ou produit une alimentation inaccessible à une grande partie de la population échoue sur une fonction importante. Mais identifier cet échec ne suffit pas encore à désigner une solution universelle. Il faut comparer les alternatives disponibles, leurs coûts, leurs délais, leurs dépendances et leurs effets déplacés.

Le fil directeur du traité peut alors être formulé sans doctrine prématurée : il faut produire assez, rendre l'alimentation accessible, maintenir sa stabilité, préserver les ressources qui rendent la production possible et conserver une capacité d'adaptation face aux chocs. Ces objectifs peuvent entrer en tension. Le travail intellectuel commence précisément lorsque l'on refuse de cacher ces tensions derrière un mot — productivité, autonomie, écologie, technologie ou tradition — censé tout résoudre.

Avant de comparer les systèmes agricoles, il faut donc descendre d'un niveau. Toute production repose sur des cycles matériels dont dépend la fertilité : circulation de l'eau, carbone, azote, phosphore, matière organique, érosion, structure et renouvellement des sols. C'est là que commence le chapitre suivant.

CHAPITRE 2 — LE SOL, L'EAU ET LES CYCLES DE FERTILITÉ

Le sol agricole est souvent décrit comme un support sur lequel on installe une culture. Cette image est commode, mais elle est trompeuse. Une plante ne pousse pas sur une surface abstraite : elle dépend d'un milieu physique qui doit laisser circuler l'air et l'eau, d'un milieu chimique dans lequel les éléments nutritifs doivent être présents sous des formes accessibles, et d'un milieu biologique où racines, micro-organismes et faune du sol transforment continuellement la matière. La fertilité n'est donc ni un stock d'engrais, ni une qualité mystérieuse de la « vie du sol ». Elle résulte d'un ensemble de capacités qui peuvent se renforcer, se compenser partiellement ou se dégrader les unes les autres.

Cette distinction importe parce qu'une terre peut sembler fertile pendant plusieurs années tout en consommant un capital invisible. Un sol peut donner de bons rendements grâce à des réserves accumulées, à des apports externes abondants ou à une irrigation importante, alors que sa structure se compacte, que son stock de matière organique diminue ou que certains éléments sont exportés plus vite qu'ils ne sont renouvelés. À l'inverse, un sol riche en matière organique, biologiquement actif et bien structuré peut rester insuffisamment productif si un élément nutritif essentiel manque. Opposer « fertilité naturelle » et fertilisation est donc trop simple : toute récolte déplace de la matière, et toute agriculture durable doit comprendre ce qui est exporté, ce qui revient, ce qui se perd et ce qui doit éventuellement être apporté.

Une récolte exporte aussi des nutriments

Quand une plante est récoltée, une partie de l'azote, du phosphore, du potassium et d'autres éléments qui ont permis sa croissance quitte la parcelle. Une fraction peut revenir sous forme de résidus, de fumier, de compost ou d'autres matières organiques ; une autre part est consommée ailleurs, dissipée ou perdue. Dans certaines régions, l'enjeu principal est le déficit : les exportations répétées sans restitution suffisante épuisent progressivement la fertilité. Dans d'autres, le problème inverse domine : des apports supérieurs à ce que les cultures peuvent absorber augmentent les risques de lessivage, de volatilisation, d'eutrophisation ou d'émissions.

La question pertinente n'est donc pas « faut-il fertiliser ? », mais comment équilibrer des flux nutritifs dans le temps. Cet équilibre n'exige pas que tous les nutriments proviennent de la ferme elle-même. Les légumineuses peuvent introduire de l'azote biologiquement fixé dans le système ; les déjections animales ou les résidus urbains recyclés peuvent restituer certains éléments ; les engrais minéraux peuvent corriger des déficits précis. Mais chaque voie a ses limites. L'azote atmosphérique peut être fixé biologiquement ou industriellement, tandis que le phosphore et le potassium reposent davantage sur des stocks géologiques, du recyclage ou des transferts entre territoires. Même un système très circulaire ne

ferme jamais parfaitement les cycles : il existe des pertes, des exportations alimentaires et des décalages spatiaux entre les lieux où les nutriments sont produits, consommés et rejetés.

Cette réalité interdit deux récits faciles. Le premier suppose que plus d'intrants garantit automatiquement plus de fertilité ; au-delà des besoins de la culture, l'efficacité diminue et les pertes augmentent. Le second suppose qu'un recyclage organique suffirait toujours à rendre tout apport externe inutile ; cela dépend du bilan réel des nutriments et de ce qui quitte le système. La soutenabilité ne se mesure pas à l'origine idéologique de l'élément nutritif, mais à la capacité du système à maintenir la production sans épuisement, accumulation dommageable ou transfert excessif de pollution.

La matière organique relie structure, eau et biologie

La matière organique joue un rôle central parce qu'elle relie plusieurs dimensions du sol. Elle contribue à la formation et à la stabilité des agrégats, influence la capacité de rétention de l'eau, nourrit une partie des organismes du sol et participe au stockage ainsi qu'à la libération progressive de certains nutriments. Mais son effet dépend du type de sol, du climat, de la profondeur, des pratiques et de la nature des matières incorporées. Il n'existe pas de teneur magique qui transformerait automatiquement un sol en système productif et résilient.

Cette prudence est importante. Une hausse de matière organique peut améliorer plusieurs fonctions, mais elle ne corrige pas nécessairement une acidité extrême, une salinité élevée, une carence spécifique ou une structure profondément compactée. De même, l'activité biologique n'est pas une valeur abstraite : les organismes du sol décomposent, agrègent, minéralisent, immobilisent et redistribuent la matière. Leur présence est fonctionnelle lorsqu'elle contribue à un équilibre compatible avec la culture et le maintien du sol, pas parce que « plus de vie » serait toujours mieux selon un seul indicateur.

La structure du sol conditionne aussi le développement racinaire. Un sol trop compact peut contenir des nutriments et de l'eau tout en les rendant difficilement accessibles. À l'inverse, un sol très poreux mais peu capable de retenir l'eau peut sécher rapidement. La texture, héritée en grande partie de la proportion de sable, limon et argile, n'est pas directement modifiable à grande échelle ; la structure, elle, peut être influencée par le travail du sol, les racines, la matière organique, les passages d'engins ou le pâturage. C'est ici qu'apparaît une idée qui reviendra dans tout le traité : une pratique doit être jugée par le mécanisme qu'elle modifie et par son contexte, non par son étiquette.

Fertiliser, c'est aussi gérer des pertes

Les nutriments suivent des trajectoires. L'azote peut être absorbé par les plantes, immobilisé dans la matière organique, lessivé sous forme de nitrate, volatilisé sous forme ammoniacale ou transformé par les micro-organismes. Le phosphore peut être retenu par le sol, exporté avec la récolte ou entraîné avec les particules érodées et le ruissellement. Le potassium circule autrement encore. Parler de « fertilité » sans regarder ces trajectoires conduit à confondre quantité apportée et quantité réellement utile.

L'efficacité d'utilisation des nutriments devient alors un indicateur important, mais pas suffisant. Une meilleure efficacité peut signifier qu'une plus grande part de l'apport est captée par la culture, ce qui réduit certaines pertes unitaires. Pourtant, un système très efficace peut encore générer de fortes pertes absolues s'il mobilise des volumes considérables. Inversement, une stratégie de réduction des apports peut diminuer certaines pressions mais devenir contre-productive si elle provoque une baisse durable des réserves du sol ou une chute de rendement qui déplace la production vers d'autres terres. Il faut donc conserver séparés rendement, bilan nutritif, efficacité, pertes et état à long terme du sol.

L'eau rend la fertilité mobile

L'eau n'est pas seulement une ressource consommée par la plante. Elle est le milieu dans lequel une grande partie des nutriments devient mobile, le vecteur qui transporte des éléments vers les racines, mais aussi celui qui peut les entraîner hors de la zone explorée par celles-ci. Trop peu d'eau limite la croissance, l'absorption et souvent l'activité biologique. Trop d'eau peut priver les racines d'oxygène, favoriser certaines maladies, déplacer des nutriments et dégrader la structure. La relation entre eau et fertilité n'est donc pas monotone : davantage d'eau n'est bénéfique que jusqu'au point où elle répond au besoin sans créer d'autres contraintes.

L'irrigation permet de réduire l'incertitude pluviométrique et peut fortement augmenter ou stabiliser les rendements. Mais elle transforme la ferme en système dépendant d'une ressource territoriale. L'eau prélevée dans une rivière, un réservoir ou un aquifère a un coût d'opportunité : elle n'est pas disponible ailleurs au même moment. L'amélioration de l'efficacité à la parcelle ne garantit pas non plus une baisse des prélèvements du bassin si l'eau économisée permet d'étendre les surfaces irriguées, d'intensifier les cultures ou simplement de réduire les retours vers les nappes et les cours d'eau. Le chapitre 13 reviendra sur ces questions sous changement climatique ; ici, le point essentiel est plus simple : l'eau doit être comprise comme un flux couplé au sol, aux nutriments et au territoire.

Quand l'eau dégrade le sol

L'eau peut aussi devenir un agent de dégradation. Sur un sol nu ou mal protégé, les pluies intenses détachent et transportent les particules fines, souvent riches en matière organique et en nutriments. L'érosion ne retire donc pas seulement une couche de terre ; elle peut réduire progressivement la profondeur utile, la capacité de stockage de l'eau et la fertilité. Le phénomène dépend de la pente, du climat, de la couverture, du type de sol et des pratiques : une même pluie n'a pas le même effet partout.

À l'inverse, dans des systèmes irrigués mal drainés, l'évaporation peut concentrer les sels. Une eau d'irrigation contient presque toujours une certaine quantité de sels dissous ; lorsque l'eau s'évapore ou est absorbée par les plantes, une partie de ces sels reste. Si le drainage est insuffisant et que les apports se répètent, la concentration peut atteindre des niveaux qui perturbent l'absorption d'eau ou la structure du sol. La salinisation n'est donc pas la preuve que l'irrigation est mauvaise en soi : elle montre qu'une solution à un déficit hydrique peut créer une autre contrainte si le bilan eau-sels-drainage est mal maîtrisé.

La FAO estime qu'environ 1,4 milliard d'hectares sont touchés par des sols salins ou sodiques à l'échelle mondiale. Cet ordre de grandeur doit être manié avec prudence : toutes ces surfaces ne sont ni agricoles, ni également productives, ni dégradées pour les mêmes raisons. Son intérêt ici est seulement de rappeler que la qualité du sol dépend aussi de flux qui s'accumulent lentement et peuvent devenir visibles longtemps après les décisions initiales.

Un sol productif peut être fragile

L'une des difficultés du raisonnement agricole est qu'un rendement élevé aujourd'hui ne prouve pas que la base productive soit stable. Des intrants peuvent compenser temporairement une perte de fonction du sol ; une irrigation abondante peut masquer une faible capacité de rétention ; un travail mécanique intense peut fournir un lit de semences efficace tout en augmentant ailleurs les risques d'érosion ou de compaction. L'inverse est également vrai : préserver certaines fonctions écologiques ne suffit pas à démontrer qu'un système fournit assez de nourriture. Une parcelle très couverte, riche en organismes et peu perturbée peut rester limitée par une carence ou par une production trop faible pour sa fonction alimentaire.

Il faut donc refuser de transformer « santé du sol » en score unique. La profondeur exploitable, la stabilité structurale, l'infiltration, la réserve utile en eau, la matière organique, le pH, la salinité, la disponibilité des nutriments, l'activité biologique et le rendement décrivent des dimensions différentes. Elles interagissent, mais aucune ne remplace les autres. Le diagnostic est forcément contextualisé : un problème de phosphore n'appelle pas la même réponse qu'un problème de compaction ; une contrainte hydrique n'est pas une carence azotée ; un excès de sel ne se corrige pas simplement en ajoutant de la matière organique.

Cette pluralité explique aussi pourquoi les pratiques agricoles ne peuvent être évaluées isolément. Réduire le travail du sol peut diminuer certaines perturbations physiques, mais ses effets dépendent des rotations, des adventices, du matériel et du climat. Ajouter du compost peut améliorer certaines propriétés, mais sa disponibilité, sa composition, son coût de transport et son bilan nutritif comptent. Introduire une légumineuse peut réduire les besoins d'azote minéral, mais pas ceux de tous les autres éléments. Irriguer peut stabiliser le rendement, mais seulement si l'eau est durablement disponible et si le drainage, l'énergie et les infrastructures suivent.

La fertilité durable est une dynamique

La fertilité n'est donc pas un état idéal à atteindre une fois pour toutes. C'est une dynamique de renouvellement et de conservation. Une agriculture soutenable doit maintenir suffisamment de structure, d'eau disponible, de nutriments accessibles et de fonctions biologiques pour que la production puisse se poursuivre, tout en limitant les pertes qui dégradent d'autres milieux ou hypothèquent la production future. Cette exigence n'impose pas une recette unique. Selon les sols, le climat, les cultures, les ressources disponibles et les contraintes économiques, les combinaisons pertinentes diffèrent.

Elle impose cependant une méthode. Il faut suivre les stocks et les flux ; distinguer l'effet immédiat du bilan à long terme ; comparer les gains de

rendement aux coûts en eau, nutriments, énergie et dégradation ; identifier ce qui est renouvelable localement, ce qui dépend d'un apport externe et ce qui peut être recyclé ; enfin, rendre visibles les délais. Un sol peut perdre lentement une fonction avant que le rendement ne chute, et une restauration peut demander plusieurs années. La soutenabilité exige donc de juger non seulement ce que produit une parcelle aujourd'hui, mais ce qu'elle laisse possible demain.

Cette base biophysique permet maintenant de poser la question suivante. Si aucun sol ne fonctionne comme un support neutre et si toute production modifie des cycles, comment comparer les pratiques qui cherchent à obtenir des rendements élevés, réduire les intrants, préserver la biodiversité et maintenir la résilience ? C'est l'objet du chapitre suivant.

Partie II — Produire

CHAPITRE 3 — CULTIVER : RENDEMENT, INTRANTS, BIODIVERSITÉ ET RÉSILIENCE

Cultiver, c'est lever des contraintes — pas appliquer une recette

Une culture n'est jamais placée dans un milieu neutre. Elle pousse dans un sol dont la fertilité varie, sous un climat qui n'obéit pas aux calendriers humains, parmi des organismes dont certains lui sont utiles et d'autres concurrents ou pathogènes, avec une quantité limitée de lumière, d'eau et de nutriments. Cultiver consiste donc moins à choisir une doctrine qu'à gérer une série de contraintes : nourrir la plante, limiter la concurrence, réduire les maladies, protéger le rendement, répartir les risques et conserver assez de fonctions écologiques pour que le système reste productif dans le temps.

C'est pourquoi les oppositions entre agriculture « avec intrants » et agriculture « sans intrants », entre intensification et écologie, ou entre technologie et nature, décrivent mal la réalité agronomique. Une intervention peut augmenter fortement une production tout en créant une nouvelle dépendance ; une réduction d'intrant peut diminuer certaines pressions tout en augmentant le travail, les pertes ou les besoins en surface. La question pertinente n'est pas de savoir si une pratique appartient au bon camp, mais quel problème elle résout, par quel mécanisme, avec quels coûts et sous quelles conditions.

Le rendement n'est pas un verdict unique

Le rendement par hectare est indispensable parce qu'il mesure la quantité produite sur une surface donnée. Mais il ne résume pas la performance d'un système. Une culture peut afficher un rendement moyen élevé tout en étant très sensible à une sécheresse, à une maladie ou à une rupture d'approvisionnement. Une autre peut produire moins en moyenne mais de manière plus régulière. Une troisième peut demander davantage de travail ou d'énergie pour obtenir la même production. Le rendement doit donc être lu avec la stabilité, les ressources mobilisées et le contexte foncier.

Il faut également distinguer rendement potentiel et rendement réalisé. Le premier correspond à ce qu'une culture pourrait produire si les facteurs limitants étaient suffisamment contrôlés ; le second dépend des conditions réelles, des pertes, du coût des interventions et des choix techniques. Réduire un écart de rendement peut être une priorité évidente dans certaines régions où l'insuffisance de nutriments, d'eau, de semences adaptées ou de protection sanitaire bride fortement la production. Ailleurs, pousser encore le rendement peut exiger des intrants supplémentaires dont le coût marginal écologique ou économique devient important.

Cette distinction empêche deux simplifications. La première consiste à croire qu'un rendement élevé prouve qu'un système est soutenable. La seconde consiste à traiter toute baisse de rendement comme négligeable au nom d'un bénéfice écologique. Si une pratique réduit certains dommages mais exige beaucoup plus de terre pour produire le même volume, le contrefactuel foncier doit être pris en

compte. Si elle améliore le rendement mais dégrade fortement l'eau, le sol ou la résilience, ce gain ne suffit pas davantage à clore le jugement.

Nourrir la plante : assez, au bon moment, sans perdre le reste

Le chapitre précédent a montré que la fertilité est un ensemble de flux. Ici, la question devient opérationnelle : comment apporter aux cultures ce dont elles ont besoin sans multiplier les pertes ? Les plantes prélèvent de l'azote, du phosphore, du potassium et d'autres éléments. Une partie est exportée avec la récolte. Pour maintenir la production, ces sorties doivent être compensées par des apports ou des processus biologiques adaptés. Les engrais minéraux ont joué un rôle majeur dans l'augmentation des rendements parce qu'ils rendent des nutriments rapidement disponibles. Les légumineuses, les effluents d'élevage, les composts et les restitutions organiques remplissent d'autres fonctions et peuvent contribuer à ces flux, mais ils n'abolissent pas les contraintes de quantité, de synchronisation et de disponibilité.

Le problème n'est donc pas seulement la quantité totale d'azote ou de phosphore appliquée. C'est aussi le moment, la forme, le placement, le climat, la capacité du sol à retenir les éléments et la vitesse à laquelle la culture les absorbe. Un nutriment disponible lorsque la plante ne peut pas l'utiliser peut être lessivé, volatilisé ou transformé. Une fertilisation trop faible peut réduire les rendements et accélérer l'épuisement de la fertilité ; une fertilisation excessive peut augmenter les pertes sans produire de gain proportionnel. Entre les deux, la marge de décision varie selon les sols, les cultures, les prix et la météo.

Cela explique pourquoi l'efficacité des nutriments doit rester distincte du rendement. Une culture peut produire davantage tout en utilisant moins efficacement chaque unité d'intrant, ou l'inverse. L'objectif d'une fertilisation mieux ajustée n'est pas automatiquement de minimiser l'apport, mais d'approcher le niveau où la fonction productive est assurée sans transformer une part excessive des nutriments en pollution ou en dépense inutile.

Protéger la récolte : pourquoi les pesticides existent, pourquoi ils ne suffisent pas

Les plantes cultivées sont en concurrence avec des adventices, attaquées par des insectes, des champignons, des bactéries et d'autres organismes. Ignorer cette pression biologique peut entraîner des pertes considérables dans certaines cultures et certaines années. C'est la raison d'être des herbicides, insecticides, fongicides et autres moyens de protection : ils ne sont pas apparus pour résoudre un problème imaginaire, mais pour limiter des pertes réelles, sécuriser la qualité des récoltes et réduire certains besoins de travail manuel ou mécanique.

Cette fonction n'efface cependant pas leurs effets possibles. Un pesticide possède des propriétés intrinsèques de toxicité ou de persistance qui relèvent du danger ; le risque dépend aussi de l'exposition, de la dose, de la fréquence, du mode d'application et des organismes concernés. Deux produits, deux usages ou deux contextes ne sont donc pas équivalents. Mais cette nuance ne justifie pas non plus de traiter tout risque comme négligeable : contamination de l'eau, effets sur les organismes non ciblés, exposition professionnelle et apparition de résistances peuvent devenir des coûts majeurs.

La lutte intégrée donne un cadre plus réaliste que l'alternative « pesticide ou aucun pesticide ». Elle combine prévention, choix variétal, rotations, surveillance, seuils d'intervention, méthodes biologiques, mécaniques ou physiques et, lorsque cela reste nécessaire, usage ciblé de produits phytosanitaires. Sa logique est fonctionnelle : employer le moyen le moins coûteux en effets secondaires qui permet encore de maintenir la pression des ravageurs sous un niveau acceptable.

Résistance, résurgence et dépendance : quand un outil modifie son propre problème

Toute intervention répétée sélectionne. Un herbicide efficace élimine les individus sensibles et laisse davantage de descendants aux rares individus résistants. Un insecticide ou un fongicide peut produire un effet comparable. La protection devient alors un processus évolutif : plus un même mécanisme est utilisé de manière uniforme et répétée, plus la pression de sélection augmente. Le problème que l'outil résout aujourd'hui peut donc devenir plus difficile à contrôler demain.

La même logique vaut pour certaines simplifications biologiques. Si un paysage ou une rotation favorise fortement une culture unique, les organismes capables de l'exploiter trouvent une ressource abondante et récurrente. Cela ne signifie pas que toute monoculture provoque mécaniquement une explosion de ravageurs ni que toute diversité la prévient. Mais une forte uniformité peut accroître certaines vulnérabilités, tandis que l'alternance des cultures, la diversité génétique ou la présence d'ennemis naturels peuvent casser certains cycles biologiques.

La dépendance n'est donc pas définie par la simple utilisation d'un intrant. Elle apparaît lorsque la suppression d'un moyen technique rend le système rapidement incapable de fonctionner parce que ses autres capacités de régulation ont été réduites ou parce que des résistances se sont accumulées. À l'inverse, un système qui refuse un outil disponible au prix de pertes chroniques importantes peut aussi être fragile. La question est la diversité réelle des voies de secours.

La biodiversité agricole n'est ni décorative ni automatiquement bénéfique

Parler de biodiversité comme d'un bien uniforme ne suffit pas. Dans un champ, certaines espèces pollinisent, décomposent la matière organique, structurent le sol ou prédatent des ravageurs. D'autres entrent en compétition avec la culture, transmettent des maladies ou détruisent une partie de la récolte. L'agriculture organise nécessairement le vivant : elle favorise certains organismes et en contrôle d'autres.

La question est donc de distinguer les fonctions. Les haies, bandes fleuries, prairies permanentes, zones humides, sols couverts ou mosaïques paysagères peuvent héberger des auxiliaires, des pollinisateurs et une diversité génétique utile. Ils peuvent aussi mobiliser de la surface, demander de l'entretien ou parfois héberger des organismes indésirables. Leur intérêt dépend de l'échelle : ce qui paraît improductif à l'intérieur d'une parcelle peut soutenir une fonction à l'échelle du paysage ; inversement, une infrastructure écologique mal située ou mal conçue ne produit pas automatiquement le service attendu.

Il faut également séparer biodiversité cultivée et biodiversité sauvage. Diversifier les variétés ou les espèces cultivées peut répartir certains risques et modifier les cycles de maladies. Préserver des habitats semi-naturels poursuit

d'autres fonctions. Les deux peuvent se renforcer, mais elles ne sont pas interchangeables. Une agriculture soutenable ne cherche pas nécessairement à maximiser le nombre d'espèces dans chaque parcelle ; elle cherche à maintenir les fonctions écologiques nécessaires tout en produisant.

Diversifier certains mécanismes sans promettre une supériorité universelle

Les rotations, cultures associées, couverts et autres formes de diversification peuvent modifier simultanément plusieurs mécanismes : disponibilité des nutriments, concurrence avec les adventices, cycles de ravageurs, couverture du sol et répartition des risques économiques. Les synthèses disponibles trouvent souvent des effets favorables moyens sur plusieurs de ces dimensions, mais l'ampleur varie fortement selon les cultures, les régions, la durée des essais et la manière dont la diversification est mise en œuvre.

Cette variabilité est décisive. Une rotation peut améliorer le rendement moyen d'une culture mais compliquer la commercialisation d'une autre. Un couvert peut réduire l'érosion mais consommer de l'eau dans un milieu sec. Une association de cultures peut améliorer l'utilisation d'une ressource mais rendre la récolte ou le tri plus complexes. Le bénéfice agronomique doit donc être lu avec les coûts de travail, de matériel, de coordination et de débouchés — coûts qui seront développés dans le chapitre suivant.

Il ne faut pas non plus transformer la diversité en valeur absolue. Une diversification mal adaptée peut disperser les compétences, multiplier les équipements et réduire l'efficacité. Une spécialisation peut au contraire permettre une grande maîtrise technique et une forte productivité. Le problème apparaît quand la simplification retire tellement de redondance au système qu'un choc biologique, climatique ou économique peut l'arrêter. La bonne question n'est pas « combien de diversité ? », mais quelles diversités réduisent réellement quelles vulnérabilités.

Résilience : stabilité, capacité de réponse et diversité des voies de secours

Un système résilient n'est pas simplement celui dont le rendement varie peu. Une faible variabilité peut provenir d'une forte capacité de contrôle technique : irrigation, traitements, stockage, assurance, approvisionnement sécurisé. Cette stabilité peut être très robuste si ces moyens restent disponibles ; elle peut devenir fragile si tous dépendent d'une même ressource critique. Inversement, un système diversifié peut absorber certains chocs biologiques mais rester vulnérable à un manque de travail, à un marché fermé ou à une sécheresse extrême.

La résilience doit donc être décrite par mécanismes. Quelles perturbations le système peut-il absorber ? Dispose-t-il d'alternatives ? Combien de temps peut-il fonctionner si un intrant manque ? Peut-il changer de variété, de calendrier ou de culture ? Ses capacités de réponse sont-elles contenues dans la ferme, dans un réseau de fournisseurs, dans une infrastructure collective ou dans un marché international ? Aucun de ces niveaux n'est intrinsèquement supérieur ; chacun crée des dépendances différentes.

Cette approche permet de comprendre pourquoi rendement et résilience peuvent parfois converger et parfois entrer en tension. Un système qui réduit fortement les pertes peut augmenter à la fois rendement et stabilité. Un autre peut

accepter une légère baisse de rendement moyen pour réduire la probabilité d'une perte catastrophique. Ce choix ne peut pas être évalué sans connaître la valeur de la production, le risque acceptable, les réserves disponibles et les alternatives territoriales.

De la parcelle à la ferme

À ce stade, une limite de l'analyse apparaît. On peut expliquer séparément fertilisation, protection des cultures, biodiversité, rendement et résilience, mais un agriculteur ne les gère jamais séparément. Une nouvelle rotation modifie les besoins en machines. Une réduction d'herbicide peut augmenter le travail mécanique. Une variété plus résistante peut coûter davantage ou dépendre d'un fournisseur spécifique. Une irrigation peut sécuriser le rendement tout en immobilisant du capital et de l'énergie. Une diversification peut répartir le risque mais exiger plus de compétences et de débouchés.

Autrement dit, une pratique agronomique transforme toujours un système de travail et de capital. C'est pourquoi le chapitre suivant quitte la parcelle pour regarder la ferme comme organisation productive. Il faudra alors demander non seulement ce qui fonctionne biologiquement, mais qui peut l'exécuter, avec quelles machines, quelle énergie, quel investissement, quel temps de travail et quelles dépendances.

CHAPITRE 4 — LA FERME COMME SYSTÈME : TRAVAIL, MACHINES, ÉNERGIE ET CAPITAL

Une ferme n'est jamais seulement un ensemble de parcelles, d'animaux, de bâtiments ou de machines. C'est un système de contraintes liées entre elles. Modifier une technique change presque toujours plusieurs choses à la fois : le temps de travail, les compétences nécessaires, le capital immobilisé, la dépendance énergétique, la capacité d'intervenir au bon moment, la vulnérabilité à une panne, parfois la taille minimale économiquement viable de l'exploitation. C'est pourquoi la question de la mécanisation ne peut être réduite ni à un récit de progrès linéaire, ni à une critique de la dépendance technique.

La première fonction d'une machine agricole est évidente : elle permet de faire davantage avec moins de travail humain direct. Mais ce gain ne se mesure pas seulement en heures économisées. Dans de nombreuses opérations, le facteur décisif est la fenêtre d'intervention. Semer quelques jours trop tard, récolter avant un épisode pluvieux, intervenir au moment opportun contre un ravageur ou irriguer lorsque la demande de la culture l'exige peut modifier fortement le résultat final. La machine achète donc du temps autant qu'elle remplace du travail. Cette fonction est essentielle dans les systèmes où quelques jours concentrent une part importante du risque annuel.

Cette capacité transforme profondément l'organisation du travail. Une exploitation plus mécanisée peut gérer davantage de surface avec moins de personnes, réduire certaines tâches pénibles et supprimer des travaux physiquement dangereux. Mais elle ne supprime pas le travail : elle le déplace. Conduite, maintenance, réglage, diagnostic, gestion des données, planification, achats, financement et coordination deviennent plus importants. La productivité du travail augmente souvent, mais le métier se transforme. Le temps gagné au champ peut être repris par des tâches de gestion ou par l'agrandissement de l'exploitation.

Il faut ici distinguer trois performances que les débats mélangent facilement. Une hausse de la productivité du travail signifie que chaque heure humaine permet de produire davantage. Elle ne garantit ni une hausse du rendement par hectare ni une hausse du revenu. Une machine peut permettre à une personne de cultiver beaucoup plus de surface sans améliorer la production de chaque hectare. Elle peut même augmenter le chiffre d'affaires tout en réduisant la marge si les remboursements, l'entretien, le carburant ou les réparations progressent plus vite que la valeur créée. Le rendement, la productivité du travail et la rentabilité ne sont donc pas des synonymes.

La machine introduit aussi une autre logique : celle du coût fixe. Un outil coûteux doit être utilisé suffisamment pour justifier son acquisition. Cette réalité peut encourager l'agrandissement, la spécialisation ou l'utilisation partagée. Mais

il existe plusieurs réponses à un même besoin technique. Posséder une moissonneuse, louer une prestation, rejoindre une coopérative de matériel ou recourir à un entrepreneur n'impliquent pas la même immobilisation de capital ni la même autonomie de calendrier. La bonne question n'est donc pas seulement « faut-il mécaniser ? », mais « quelle fonction doit être assurée, avec quel niveau de disponibilité, de contrôle et de risque financier ? ».

La propriété n'est pas l'accès. Une exploitation peut bénéficier d'un niveau élevé de mécanisation sans posséder elle-même toutes les machines. Inversement, posséder un parc matériel important peut créer une forte rigidité financière. Cette distinction est cruciale car le capital immobilisé agit même lorsque la machine ne travaille pas : amortissement, intérêts, assurance, entretien, stockage et obsolescence continuent d'exister. Plus la part de coûts fixes augmente, plus la ferme peut devenir sensible à une baisse des prix, une mauvaise récolte ou une hausse des taux d'intérêt.

Le capital productif n'est pourtant pas un mal en soi. Il peut réduire la pénibilité, sécuriser les opérations, améliorer la précision et rendre possibles des productions qui seraient autrement trop exigeantes en travail. L'irrigation, le stockage frigorifique, les bâtiments d'élevage, les serres ou certains équipements de transformation prolongent cette logique au-delà du tracteur. Le problème n'est pas l'existence du capital mais l'architecture qu'il crée : quels revenus futurs suppose-t-il, quelles compétences exige-t-il, quels fournisseurs deviennent critiques, quelle flexibilité reste-t-il si les conditions changent ?

L'énergie traverse l'ensemble du système. Elle intervient directement dans le carburant, l'électricité, le chauffage, l'irrigation, le séchage ou le refroidissement ; indirectement dans la fabrication des engrais, des machines, des bâtiments et de nombreux intrants. Une ferme peut donc réduire sa consommation énergétique par unité produite tout en augmentant sa consommation totale si les volumes ou les surfaces augmentent. Là encore, efficacité et consommation absolue doivent rester séparées.

Cette distinction évite un piège fréquent. Une technologie plus efficace n'entraîne pas automatiquement une réduction globale des ressources mobilisées. Si elle diminue le coût d'une opération, elle peut aussi rendre rentable son usage sur davantage de surface ou permettre une intensification de la production. Le résultat dépend alors du comportement du système entier, pas seulement de la performance unitaire de l'équipement.

L'électrification, les énergies renouvelables, les batteries ou le biométhane peuvent réduire certaines dépendances fossiles, mais elles ne suppriment pas la question énergétique. Elles la déplacent vers les infrastructures, les matériaux, la puissance disponible, le stockage et la maintenance. Il faut donc évaluer une transition énergétique agricole par la continuité de service qu'elle garantit, son coût total, ses besoins matériels et sa capacité à fonctionner dans les conditions réelles de l'exploitation.

À mesure que les machines deviennent numériques, la dépendance change encore de nature. Un tracteur ou un robot ne dépend plus seulement de pièces mécaniques et de carburant, mais parfois d'un logiciel, d'une licence, d'une connexion, de capteurs, d'un accès distant ou d'un prestataire spécialisé. Cela peut

améliorer considérablement la précision et réduire certaines erreurs. Mais cela peut aussi limiter la réparabilité locale et rendre une panne mineure bloquante si l'outil ne peut être diagnostiqué ou déverrouillé sans intervention extérieure.

C'est ici qu'apparaît une notion utile : l'autonomie technique opératoire. Elle ne signifie pas produire soi-même toutes ses pièces, son énergie ou ses logiciels. Elle désigne la capacité à maintenir les fonctions critiques malgré l'indisponibilité temporaire ou le renchérissement d'une pièce, d'un fournisseur, d'un logiciel, d'une énergie ou d'une compétence. Une ferme peut être très intégrée à des réseaux extérieurs tout en conservant des solutions de repli ; une autre peut sembler autonome mais dépendre d'un seul composant irremplaçable.

Cette autonomie se construit par la redondance, la réparabilité, les compétences, la diversité des fournisseurs, les stocks stratégiques ou l'accès à des services partagés. Mais elle a elle-même un coût. Garder deux solutions pour une même fonction immobilise parfois davantage de capital ou exige plus de compétences. Toute résilience technique est donc un arbitrage entre efficacité en régime normal et capacité à continuer lorsque le régime normal disparaît.

Le travail humain reste au centre de cet arbitrage. Une ferme très peu mécanisée peut être techniquement simple mais exiger beaucoup d'heures, de pénibilité et de main-d'œuvre disponible. Une ferme très automatisée peut réduire certaines tâches mais rendre le système dépendant d'investissements, de techniciens et d'un haut niveau de continuité énergétique. Entre les deux, une multitude d'architectures existent : mécanisation ciblée, outils partagés, sous-traitance, automatisation partielle, équipements robustes et réparables, ou technologies plus complexes réservées aux fonctions où leur gain est décisif.

La qualité du travail ne se résume donc pas au nombre d'emplois. Une technique peut supprimer une tâche pénible et répétitive tout en réduisant l'emploi total ; une autre peut maintenir davantage de travail mais dans des conditions physiquement difficiles ou peu rémunérées. La question n'est pas de maximiser abstraitement l'emploi agricole, mais d'examiner quel travail reste nécessaire, dans quelles conditions, avec quel revenu, quelles compétences et quelle capacité de décision.

Le travail agricole est aussi une contrainte de calendrier

La quantité totale d'heures ne suffit pas à décrire le travail nécessaire à une ferme. Une partie des tâches peut être différée ; d'autres doivent être accomplies dans une fenêtre très courte. Semis, récoltes, vendanges, mise bas, soins quotidiens, traitements, irrigation ou transformation de produits périssables n'obéissent pas au même rythme. Une exploitation peut disposer, en moyenne annuelle, d'assez de travail humain et manquer pourtant de personnes précisément lorsque plusieurs opérations critiques se superposent. La saisonnalité transforme ainsi la main-d'œuvre en capacité temporelle : ce qui compte n'est pas seulement combien d'heures sont disponibles, mais quand elles le sont, avec quelles compétences et pendant combien de temps.

Cette contrainte explique le recours à des formes de travail différentes. Le travail familial peut fournir une grande souplesse, une connaissance fine du système et une capacité à intervenir sans transaction formelle à chaque tâche. Mais

cette disponibilité n'est pas gratuite. Elle peut reposer sur des journées longues, une faible séparation entre vie familiale et activité professionnelle, ou sur la participation de personnes dont le travail est mal comptabilisé. Le salariat permanent permet de stabiliser des compétences et de répartir les responsabilités ; le salariat saisonnier permet d'absorber des pointes de travail sans maintenir toute l'année une équipe dimensionnée pour quelques semaines. La sous-traitance peut encore transformer un besoin de main-d'œuvre en achat de service. Aucune de ces formes n'est supérieure par principe : elles distribuent différemment disponibilité, compétence, contrôle, coût et risque d'absence.

Dans certaines filières, la disponibilité réelle des travailleurs devient elle-même une condition technique de production. Une culture peut être agronomiquement adaptée, disposer d'un marché et rester difficile à maintenir si la récolte exige beaucoup de personnes sur une période courte. Une exploitation d'élevage peut être productive mais presque impossible à transmettre si elle suppose une présence quotidienne sans solution de remplacement. La mécanisation ou l'automatisation peut répondre à ces contraintes ; elle peut aussi déplacer la dépendance vers des opérateurs qualifiés, des réparateurs ou des techniciens difficiles à mobiliser rapidement. Une architecture de travail robuste doit donc prévoir non seulement l'exécution normale, mais aussi l'absence, la maladie, le départ d'un salarié, le vieillissement de l'exploitant ou l'indisponibilité temporaire d'une compétence critique.

Les risques professionnels appartiennent également à l'architecture productive. Machines, animaux, produits chimiques, poussières, bruit, chaleur, charges lourdes, chutes, circulation routière et fatigue exposent le travail agricole à des dangers spécifiques. Une technique qui réduit une exposition importante peut constituer un progrès même si son rendement ne change pas. À l'inverse, gagner du temps au prix d'une intensification des cadences, d'un travail nocturne répété ou d'une surveillance permanente peut déplacer la pénibilité plutôt que la supprimer. Il faut donc distinguer productivité du travail, quantité de travail, pénibilité, sécurité et qualité de l'organisation : améliorer l'une de ces dimensions ne garantit pas automatiquement les autres.

Enfin, la continuité d'une ferme dépend de personnes capables et disposées à reprendre ses fonctions. Une architecture peut être économiquement rentable et techniquement performante tout en devenant humainement non reproductible si elle exige une disponibilité que personne ne souhaite assurer, des compétences extrêmement rares ou une charge de coordination impossible à transmettre. La question du travail rejoint ici celle de la robustesse : une ferme ne possède pas seulement des machines de secours et des stocks ; elle doit aussi conserver des savoirs, des routines transmissibles, des possibilités de remplacement et une organisation dans laquelle une absence humaine ne provoque pas immédiatement l'arrêt d'une fonction critique. Cette continuité humaine sera traduite économiquement au chapitre 9 ; ici, elle doit d'abord être reconnue comme une condition matérielle de fonctionnement.

La taille de la ferme interagit fortement avec ces choix. Certains équipements ont des coûts fixes qui deviennent plus faciles à amortir sur de grandes surfaces. Cela crée des économies d'échelle réelles. Mais l'agrandissement peut à son tour augmenter les besoins logistiques, la distance entre parcelles, le recours au salariat

ou la complexité de coordination. Les économies d'échelle ne sont donc ni universelles ni illimitées. Elles existent pour certaines fonctions et peuvent être compensées ailleurs par des coûts croissants.

Le même raisonnement vaut pour la spécialisation technique. Une exploitation spécialisée peut maîtriser mieux un processus, utiliser plus intensément ses équipements et simplifier son organisation. Mais elle peut aussi devenir plus sensible à une panne, à la variation d'un prix ou à l'indisponibilité d'un intrant particulier. Ce lien prépare directement le chapitre suivant : la spécialisation peut être une stratégie d'efficacité, la diversification une stratégie de répartition des risques, mais aucune n'est supérieure indépendamment du contexte.

Une ferme doit donc être évaluée comme une architecture de fonctions et de dépendances. Il faut regarder ce que les machines permettent, ce que le capital engage, ce que l'énergie rend possible, ce que les compétences humaines maintiennent, et quelles solutions existent lorsque l'un de ces éléments devient indisponible. Une technique performante n'est pas seulement celle qui fonctionne bien lorsque tout va bien ; c'est aussi celle dont les conditions de fonctionnement sont connues et dont les défaillances possibles peuvent être absorbées.

La modernisation agricole a produit des gains immenses de productivité du travail et de capacité d'intervention. Les nier serait faux. Mais ces gains ont souvent été obtenus en échange de davantage de capital, d'énergie, de technicité et d'interdépendance. Le jugement pertinent n'est donc pas « plus ou moins de technologie ». Il consiste à savoir quelles fonctions doivent être mécanisées, automatisées ou externalisées, quels coûts cela déplace, quelles dépendances cela crée et quelle marge de manœuvre demeure si l'environnement économique ou technique change.

Cette question mène naturellement à la suivante. Une fois admis qu'une ferme est un système de ressources, de compétences, de capital et de risques, faut-il concentrer ces ressources sur quelques productions pour gagner en efficacité, ou multiplier les ateliers, les cultures et les fonctions pour gagner en robustesse ? C'est le problème du chapitre 5 : diversifier ou spécialiser.

CHAPITRE 5 — DIVERSIFIER OU SPÉCIALISER ?

La spécialisation agricole est souvent racontée comme une histoire d'efficacité. Une ferme concentre ses moyens sur quelques productions, perfectionne ses gestes, adapte son matériel, sécurise ses débouchés, réduit certaines opérations inutiles et atteint une échelle où les investissements deviennent rentables. La diversification est, à l'inverse, souvent présentée comme une manière de répartir les risques, de mieux utiliser les ressources, de casser les cycles de ravageurs, de maintenir des sols plus fonctionnels et de rendre la ferme moins dépendante d'une seule production. Ces deux récits contiennent une part de vérité. Pris isolément, ils deviennent pourtant trompeurs.

Une exploitation très spécialisée peut être techniquement excellente et économiquement vulnérable. Une exploitation très diversifiée peut être agronomiquement intéressante et humainement ingérable. Une rotation plus longue peut améliorer certains processus biologiques tout en compliquant la mécanisation et les débouchés. Un atelier d'élevage peut valoriser des fourrages, des coproduits et des effluents, mais ajouter du travail quotidien, des bâtiments, des normes et des risques sanitaires. Une entreprise agricole peut réduire son exposition à une mauvaise récolte en cultivant plusieurs espèces tout en restant dépendante d'un même engrais, d'une même énergie, d'un même acheteur ou d'un même crédit. À l'inverse, plusieurs fermes spécialisées peuvent former, à l'échelle d'un territoire, un système plus diversifié que chacune d'elles prise isolément.

La question n'est donc pas de savoir si la diversité est bonne et la spécialisation mauvaise, ou l'inverse. Elle est de comprendre quelles fonctions sont réellement créées par une diversification, quels avantages sont réellement obtenus par une spécialisation, à quelle échelle ils apparaissent, et quels nouveaux coûts chacun de ces choix introduit. Diversifier et spécialiser sont deux manières d'organiser la complexité. Aucun de ces choix ne supprime les contraintes : chacun décide lesquelles on accepte de concentrer et lesquelles on préfère répartir.

La spécialisation n'est pas seulement une réduction de diversité

La spécialisation peut d'abord être un moyen d'accumuler une compétence. Produire quelques cultures ou conduire un atelier bien défini permet d'apprendre plus vite les réactions du système, d'investir dans du matériel précisément adapté, d'organiser le calendrier autour d'un nombre plus limité d'opérations et de négocier avec des filières structurées. Lorsque les gestes sont répétitifs et les volumes suffisants, les coûts fixes peuvent être répartis sur davantage d'unités produites. Certains équipements ne deviennent économiquement raisonnables qu'à partir d'une certaine surface, d'un certain volume ou d'une certaine fréquence d'usage.

Cette logique explique une partie du mouvement historique de spécialisation. Elle ne découle pas seulement d'une idéologie productiviste. Elle répond aussi à des

contraintes de temps, de capital, de débouché, de standardisation et de coordination. Une ferme qui cultive vingt espèces n'a pas seulement vingt cultures : elle peut avoir vingt calendriers, plusieurs chaînes de stockage, davantage de références variétales, davantage de réglages, plusieurs réseaux commerciaux et des besoins de savoir-faire plus dispersés. Si la diversification multiplie les tâches critiques plus vite que les complémentarités utiles, elle devient une charge plutôt qu'une ressource.

Mais la spécialisation transforme également la structure du risque. Une ferme céréalière très orientée vers une ou deux cultures peut exploiter efficacement ses équipements et son temps tout en concentrant son revenu sur quelques rendements et quelques prix. Une exploitation laitière fortement équipée peut optimiser l'alimentation, la traite et la génétique tout en dépendant d'un flux quotidien, d'un prix du lait, d'un coût de l'énergie et d'une continuité sanitaire. Une spécialisation rentable dans des conditions normales peut donc devenir fragile si le choc touche précisément le facteur sur lequel le système s'est concentré.

Il faut ici distinguer spécialisation productive et dépendance. Elles sont liées, mais elles ne sont pas identiques. Une ferme peut produire essentiellement une famille de cultures tout en diversifiant fournisseurs, débouchés, variétés, dates de semis, modalités de stockage ou contrats. À l'inverse, une ferme qui produit plusieurs choses peut être dépendante d'un seul crédit, d'un seul équipement de récolte, d'une seule irrigation ou d'un unique débouché. La diversité visible des productions ne suffit donc pas à mesurer la diversité fonctionnelle du système.

Diversifier quoi ?

Le mot diversification recouvre des réalités trop différentes pour être utilisé seul. Une ferme peut diversifier les espèces cultivées, les variétés, les rotations, les dates de semis, les ateliers, les sources de revenu, les marchés, les modes de commercialisation ou les infrastructures écologiques. Ces formes de diversité ne produisent pas les mêmes effets.

Diversifier une rotation peut rompre certains cycles de maladies, modifier les périodes d'occupation du sol, répartir les prélèvements nutritifs, introduire des légumineuses, alterner enracinements et périodes de couverture. Diversifier les variétés peut réduire la probabilité qu'un même stress biologique ou climatique affecte de manière identique toute la production. Ajouter un atelier d'élevage peut créer une voie de valorisation de fourrages, de résidus et d'effluents. Ajouter une transformation ou une vente directe peut modifier la répartition de la valeur et le rapport au marché. Ces diversifications n'utilisent pas les mêmes ressources, n'exigent pas les mêmes compétences et ne réduisent pas les mêmes risques.

Il faut également distinguer diversification et intégration. Deux productions présentes sur la même ferme ne sont pas nécessairement complémentaires. Une ferme qui possède des céréales et un élevage mais achète l'essentiel des aliments à l'extérieur et exporte ses effluents sans retour vers ses terres n'a pas le même fonctionnement qu'un système où les rotations produisent une partie de l'alimentation du troupeau et où les déjections reviennent sur les parcelles dans des quantités adaptées. L'intégration n'est pas le nombre d'ateliers ; elle est la qualité des relations matérielles, temporelles et économiques entre eux.

La même prudence vaut pour l'agroforesterie. Introduire des arbres dans un système agricole peut créer ombrage, habitat, production supplémentaire, circulation différente de l'eau et du carbone ou protection contre le vent. Mais les arbres peuvent aussi entrer en compétition pour la lumière ou l'eau, compliquer la mécanisation, immobiliser du capital sur un temps long et réduire la possibilité de modifier rapidement le système. L'intérêt dépend des espèces, des espacements, du climat, de la culture associée, du matériel, du marché du bois ou des fruits et de l'horizon temporel retenu. Le mot agroforesterie ne remplace pas l'analyse.

Rotations : diversité dans le temps

La rotation est l'une des formes de diversification les plus importantes parce qu'elle organise les productions dans le temps sans exiger qu'elles coexistent toutes au même instant. Les mécanismes agronomiques — cycles de maladies, enracinement, nutriments, couverture — ont été établis au chapitre 3. Ici, la question est ce que cette séquence impose à la ferme : plusieurs calendriers, matériels, compétences et débouchés, mais aussi la possibilité de répartir les travaux et les risques entre campagnes.

Ces effets n'impliquent pas qu'une rotation plus longue soit toujours meilleure. Une rotation n'a de valeur que si les cultures introduites peuvent être cultivées correctement, récoltées à temps et valorisées. Ajouter une culture sans marché, sans matériel adapté ou sans connaissance suffisante peut transférer une contrainte agronomique vers une contrainte économique. Dans une région humide, une succession peut améliorer la structure du sol ; ailleurs, elle peut augmenter le besoin d'eau ou créer une concurrence avec une culture plus stratégique. Les résultats dépendent des séquences, pas seulement du nombre d'espèces.

La comparaison correcte ne consiste donc pas à opposer monoculture et rotation comme deux symboles. Elle demande de préciser le contrefactuel. Que remplace exactement la rotation ? Quels intrants évite-t-elle ou réduit-elle ? Quel rendement produit chaque culture et quel rendement produit l'ensemble de la séquence ? Quels nouveaux travaux apparaissent ? Quelle part du bénéfice provient d'un meilleur contrôle biologique, d'une meilleure disponibilité nutritive, d'une répartition du calendrier ou d'un changement de prix ? Une rotation est un système temporel : l'évaluer sur une seule récolte peut masquer autant ses avantages que ses coûts.

Polyculture-élevage : le retour des boucles n'est pas automatique

L'association entre cultures et élevage est souvent citée comme exemple de complémentarité. Elle peut en effet créer des boucles matérielles : les cultures fournissent des fourrages, des pailles ou des coproduits ; les animaux produisent des effluents qui retournent aux champs ; les prairies temporaires peuvent entrer dans les rotations ; certaines surfaces difficiles à cultiver peuvent être valorisées par le pâturage. À l'échelle d'un système bien organisé, cette intégration peut réduire certaines importations et rapprocher sources et usages de nutriments.

Mais cette architecture est coûteuse en coordination. Les cultures et les animaux n'obéissent pas au même calendrier. L'élevage impose une continuité quotidienne que les grandes cultures n'imposent pas toujours. Les bâtiments, clôtures, équipements d'alimentation, stockage des fourrages et gestion des

effluents augmentent le capital immobilisé. Une ferme mixte doit maîtriser plusieurs métiers. Elle peut avoir besoin d'une main-d'œuvre plus stable ou plus qualifiée. Le fait qu'une boucle de nutriments soit techniquement possible ne prouve pas qu'elle soit économiquement, socialement ou logistiquement viable.

La performance des systèmes mixtes doit donc être observée à plusieurs niveaux. Une expérimentation peut montrer qu'un dispositif recycle mieux des nutriments ou stabilise certains rendements. Cela n'établit pas que la ferme réelle dispose du temps, des équipements, des prix et des compétences nécessaires pour reproduire cette performance. Une simulation peut optimiser théoriquement les flux sans reproduire l'incertitude des marchés, le manque de main-d'œuvre ou les contraintes familiales. L'écart entre potentiel technique et performance effective n'est pas un détail : c'est une propriété du système socio-technique agricole.

L'intégration peut aussi être organisée sans réunir toutes les fonctions dans une même exploitation. Des fermes céréalières et des élevages voisins peuvent échanger pailles, fourrages, effluents ou services. Des coopératives peuvent partager du matériel. Des territoires peuvent coordonner des assolements ou des infrastructures. L'échelle pertinente de la complémentarité n'est donc pas toujours la ferme. Chercher à rendre chaque exploitation autosuffisante peut supprimer des économies de spécialisation utiles et augmenter la complexité locale sans diminuer la dépendance globale.

Économies d'échelle et économies de gamme

La spécialisation profite souvent d'économies d'échelle : un équipement, un bâtiment ou une compétence fixe peut être utilisé sur davantage d'unités. La diversification peut, dans certains cas, créer des économies de gamme : plusieurs productions partagent une ressource, un bâtiment, une main-d'œuvre, un sous-produit ou un débouché. Les deux logiques sont différentes.

Si un tracteur ou une moissonneuse est coûteux, augmenter la surface traitée peut réduire le coût par hectare jusqu'à ce que d'autres limites apparaissent : distances, fenêtres climatiques, tassement, difficulté de surveillance ou dépendance à un équipement devenu critique. De la même manière, une laiterie, une serre ou un système d'irrigation peut avoir une taille minimale économiquement efficace. La spécialisation n'est donc pas seulement concentration du risque ; elle peut permettre une utilisation plus cohérente du capital.

À l'inverse, une ferme qui combine cultures et élevage peut valoriser une même main-d'œuvre à différentes saisons, utiliser des coproduits et répartir certains coûts. Mais elle peut aussi multiplier les équipements faiblement utilisés : une machine pour chaque petite production, plusieurs bâtiments, plusieurs chaînes de stockage. Une diversification économiquement efficace n'est pas celle qui possède le plus d'activités ; c'est celle qui crée de vraies complémentarités sans multiplier les coûts fixes plus vite que les fonctions obtenues.

Cela explique pourquoi la taille et l'organisation territoriale comptent. Une petite ferme spécialisée peut externaliser certaines opérations à une entreprise de travaux agricoles. Une ferme diversifiée peut mutualiser du matériel en coopérative. Une région spécialisée peut bénéficier d'infrastructures très performantes mais devenir vulnérable à un choc ciblant sa production dominante.

Une région très diversifiée peut être plus flexible mais perdre certaines filières si les volumes deviennent insuffisants pour maintenir abattoirs, silos, ateliers de transformation, conseil technique ou réseaux de distribution. La diversité productive dépend donc aussi des infrastructures qui permettent aux productions d'exister.

Répartir les risques ne signifie pas supprimer le risque

L'un des arguments les plus fréquents en faveur de la diversification est la réduction du risque. L'idée est intuitive : si plusieurs productions réagissent différemment aux aléas, une mauvaise année pour l'une peut être compensée par une meilleure année pour une autre. Cette logique est solide lorsque les risques sont réellement imparfaitement corrélés.

Mais plusieurs productions peuvent subir le même choc. Une sécheresse régionale peut affecter simultanément cultures, fourrages et disponibilité en eau. Une hausse du prix de l'énergie peut toucher irrigation, séchage, carburant et engrais. Une crise financière peut réduire plusieurs débouchés. Une maladie animale n'a pas le même effet qu'un gel tardif, mais une exploitation diversifiée peut tout de même dépendre d'une seule trésorerie ou d'un seul système informatique. La diversification réduit certains risques seulement si elle crée des voies de réponse réellement distinctes.

Il faut aussi distinguer stabilité physique et stabilité économique. Une diversification peut rendre la production biologique plus stable tout en augmentant les coûts fixes ou les besoins de main-d'œuvre. Une culture très variable peut avoir un prix élevé les années où elle réussit. Une activité de transformation peut stabiliser la marge mais introduire un nouveau risque sanitaire ou réglementaire. La résilience ne peut donc pas être déduite du nombre de productions.

Un système résilient conserve des options. Il peut substituer une ressource, modifier une rotation, changer un débouché, retarder certaines opérations, mobiliser une capacité de stockage ou absorber temporairement une baisse. Certaines spécialisations conservent beaucoup d'options parce qu'elles disposent de capital, de contrats souples et de compétences. Certaines diversifications enferment au contraire l'exploitation dans une architecture très complexe dont chaque élément dépend des autres. Il faut mesurer la capacité de réorganisation, pas seulement la variété initiale.

Complexité, travail et compétence

Toute diversification augmente potentiellement la quantité d'informations à gérer. Les cultures n'ont pas les mêmes dates, les mêmes maladies, les mêmes débouchés ni les mêmes équipements. Les animaux ajoutent alimentation, reproduction, surveillance et soins. La vente directe ajoute relation commerciale, logistique et parfois transformation. L'agroforesterie introduit des horizons de plusieurs années ou décennies. La diversification peut donc réduire certains risques biologiques en augmentant le risque organisationnel.

Cette complexité n'est pas toujours un défaut. Une ferme peut disposer d'un collectif de travail, d'une forte expérience, d'un système d'entraide ou d'une organisation qui transforme cette complexité en compétence. Une activité

supplémentaire peut employer utilement une personne ou répartir le travail dans l'année. Mais il serait trompeur de présenter la diversité comme une propriété gratuite des écosystèmes que l'agriculture pourrait simplement copier. Dans une ferme, toute nouvelle interaction doit être observée, pilotée, financée ou acceptée.

Le coût de coordination est particulièrement important lors des transitions. Une exploitation spécialisée qui veut diversifier ne change pas seulement son assolement. Elle peut devoir apprendre un nouveau métier, acheter ou louer du matériel, trouver un marché, modifier ses bâtiments, recruter, obtenir des certifications et attendre plusieurs années avant de connaître réellement le comportement du nouveau système. Le temps d'apprentissage fait partie du coût. Une pratique peut être intéressante à l'état stabilisé tout en étant difficile à atteindre à partir de la situation existante.

La bonne échelle n'est pas toujours la parcelle ni la ferme

Une grande partie des débats agricoles souffre d'une confusion d'échelle. La diversité peut être recherchée dans une parcelle, dans une rotation, dans une ferme, dans un paysage, dans une région ou dans le système alimentaire entier. Ce qui est pertinent à une échelle ne l'est pas nécessairement à une autre.

Une parcelle peut être relativement homogène pour permettre une récolte efficace tandis que le paysage conserve haies, prairies, bosquets et cultures différentes. Une ferme peut rester spécialisée mais participer à une rotation territoriale par échange de terres ou de matières. Plusieurs exploitations peuvent organiser une complémentarité entre élevage et cultures. Une région peut être spécialisée dans une production adaptée à son climat tout en appartenant à un système alimentaire national plus diversifié. Inversement, une région entière dominée par une seule production peut être exposée à des risques écologiques, sanitaires ou économiques que chaque ferme ne peut pas gérer seule.

Cette question d'échelle interdit deux conclusions faciles. La première serait d'exiger que chaque ferme reproduise toute la diversité du territoire. La seconde serait de supposer qu'une diversité régionale apparaîtra automatiquement à partir de fermes spécialisées poursuivant séparément leur intérêt. Certaines complémentarités nécessitent infrastructures, contrats, coordination et politiques collectives. La diversité peut être une propriété émergente, mais elle peut aussi devoir être organisée.

Le choix n'est pas entre deux modèles, mais entre des architectures de dépendance

Au terme de cette comparaison, spécialisation et diversification apparaissent moins comme deux philosophies que comme deux façons d'architecturer les dépendances. La spécialisation concentre des compétences, du capital et des risques. Elle peut produire une grande efficacité lorsque l'environnement technique et économique reste compatible avec elle. La diversification répartit certaines expositions et crée des complémentarités, mais augmente souvent les besoins de coordination et peut diluer les économies d'échelle.

Le choix pertinent dépend donc de la fonction recherchée. Si une culture bénéficie fortement d'un matériel coûteux et d'une chaîne logistique dédiée, la spécialisation peut être rationnelle. Si une rotation réduit durablement une pression biologique ou améliore l'usage des nutriments, une diversité temporelle

peut être plus robuste. Si l'élevage permet de valoriser des ressources non concurrentes de l'alimentation humaine et de recycler localement des nutriments, l'intégration peut avoir une fonction nette. Si l'atelier impose des bâtiments lourds, consomme des cultures directement alimentaires et surcharge le travail, le simple fait d'ajouter de la diversité ne suffit pas à le justifier.

Les indicateurs doivent donc rester séparés : rendement, marge, stabilité, travail, capital, dépendance aux intrants, biodiversité, capacité de substitution, émissions, qualité des sols, accès aux débouchés et réversibilité. Il serait artificiel de les agréger en un score unique qui prétendrait décider à la place des acteurs. Une ferme n'est pas seulement une machine de rendement ; elle est aussi un lieu de travail, un patrimoine, un ensemble de risques, un système écologique et une organisation insérée dans un territoire. Les poids accordés à ces dimensions relèvent en partie de choix humains et politiques, pas seulement de calcul agronomique.

Diversifier n'est donc pas ajouter le plus de choses possible. Spécialiser n'est pas éliminer toute redondance. Une architecture robuste cherche plutôt à conserver suffisamment de concentration pour être compétente et productive, suffisamment de diversité pour ne pas dépendre d'une seule voie, et suffisamment de simplicité pour rester gouvernable. Cet équilibre n'a pas de forme universelle.

La partie suivante du traité changera d'objet. Après avoir examiné ce que les cultures, les ressources techniques et l'organisation de la ferme permettent ou empêchent, il faudra regarder une autre famille de systèmes : ceux qui introduisent des animaux. Là encore, la question ne pourra pas être résolue par une étiquette. Elle commencera par une interrogation plus élémentaire : pourquoi élever des animaux, et dans quelles situations leur présence ajoute-t-elle une fonction réelle plutôt qu'un détour coûteux ?

Partie Iii — Élever

CHAPITRE 6 — POURQUOI ÉLEVER DES ANIMAUX ?

Pendant des millénaires, les sociétés agricoles n'ont pas élevé des animaux uniquement parce qu'elles appréciaient leur viande, leur lait ou leurs œufs. L'animal a occupé une place plus profonde dans l'organisation matérielle des sociétés rurales. Il a transformé de l'herbe, des feuilles, des résidus, des déchets et des coproduits en aliments ; il a fourni du fumier, de la traction, du cuir, de la laine, du capital, du revenu, parfois une forme d'épargne et d'assurance. Il a permis d'exploiter des territoires difficiles à cultiver, entretenir certains paysages ouverts et donné une valeur productive à des ressources qui n'avaient pas toujours d'usage humain direct. Cette polyvalence explique en partie pourquoi l'élevage s'est si profondément imbriqué dans l'histoire de l'agriculture.

Mais la fonction historique d'une pratique ne suffit pas à justifier sa forme contemporaine. Les animaux peuvent également consommer des céréales, des légumineuses et des terres cultivables qui pourraient contribuer directement à l'alimentation humaine. Ils émettent des gaz à effet de serre, mobilisent de l'eau et de l'espace, concentrent parfois les effluents, participent à certains changements d'usage des terres et posent une question morale particulière : nous organisons leur naissance, leur reproduction, leurs conditions de vie et, dans la plupart des systèmes, leur mise à mort. Un élevage peut donc être à la fois utile, économiquement central et écologiquement coûteux. Il peut fermer certaines boucles de la ferme tout en ouvrant d'autres. Il peut valoriser une ressource résiduelle ou devenir un détour consommateur de ressources rares.

C'est précisément cette ambiguïté qui impose de commencer par une question plus rigoureuse que « faut-il être pour ou contre l'élevage ? ». La question pertinente est : dans quelles conditions l'animal ajoute-t-il une fonction alimentaire, agronomique, territoriale ou sociale qui ne pourrait pas être obtenue de manière moins coûteuse autrement ? Posée ainsi, la question oblige à comparer des systèmes réels plutôt que des images morales ou idéologiques. Elle empêche aussi de traiter l'élevage comme un bloc homogène. Un bovin pâture une prairie permanente, une vache laitière recevant une forte proportion de concentrés, un porc nourri avec des coproduits agroalimentaires, une volaille dépendant d'une ration céréalière ou un troupeau pastoral dans une région semi-aride ne remplissent ni les mêmes fonctions ni les mêmes coûts.

L'animal comme transformateur de ressources

La première fonction de l'élevage est une fonction de transformation. Les humains ne peuvent pas digérer la cellulose comme les ruminants. Nous ne pouvons pas non plus consommer directement une grande partie des pailles, sons, tourteaux, feuilles, résidus de récolte, sous-produits de brasserie, pulpes ou autres flux issus des systèmes agricoles et agroalimentaires. Dans certaines situations, l'animal transforme donc une matière qui possède peu ou pas de valeur alimentaire directe pour l'humain en lait, viande ou œufs. Cette capacité est réelle et constitue

l'un des arguments les plus solides en faveur d'une place possible de l'élevage dans un système alimentaire durable.

Une étude mondiale souvent citée sur le débat « feed/food » estime qu'environ 86 % de la matière sèche ingérée par les animaux d'élevage n'est pas directement consommable par l'être humain. Ce chiffre est important parce qu'il corrige une représentation trop simple selon laquelle chaque kilogramme d'aliment donné à un animal serait un kilogramme retiré à l'alimentation humaine. Il rappelle que les rations animales sont faites de matières très différentes et que la comparaison doit porter sur leur coût d'opportunité réel. Mais le chiffre est tout aussi dangereux s'il est utilisé comme justification générale de l'élevage. Une moyenne mondiale ne décrit pas le contenu de la ration d'un élevage précis, encore moins la qualité des terres mobilisées pour la produire. Elle agrège des systèmes très différents et ne dit pas quelle part de ces ressources aurait pu être utilisée autrement.

La question ne doit donc pas être « combien de végétaux faut-il pour produire un kilogramme de viande ? », mais « quels végétaux, issus de quelles terres, ayant quels autres usages possibles ? ». Un kilogramme d'herbe d'une prairie permanente n'est pas équivalent à un kilogramme de blé. Un tourteau issu d'une filière oléagineuse n'est pas équivalent à une légumineuse cultivée spécifiquement pour l'alimentation animale. Un résidu disponible localement n'est pas équivalent à un aliment importé après transformation et transport. Même la notion de coproduit doit rester prudente : un coproduit n'est pas nécessairement un déchet gratuit. Il peut avoir d'autres usages, une valeur économique propre, un coût de transport ou être lié à une production principale dont l'impact doit être correctement attribué.

Cette distinction transforme aussi la manière d'évaluer l'efficacité animale. Les monogastriques, notamment les volailles et les porcs, présentent généralement de bonnes conversions alimentaires brutes : ils convertissent relativement efficacement leur ration en produit animal. Mais leurs rations peuvent dépendre fortement de céréales et de protéines cultivées sur terres arables. Les ruminants, inversement, présentent souvent des conversions brutes moins favorables, mais sont capables de tirer parti de biomasses fibreuses que l'humain ne valorise pas directement. Il n'existe donc pas un seul classement universel de l'efficacité. Selon que l'on mesure des kilogrammes de ration, de l'énergie, des protéines consommables par l'humain, de la surface arable, des émissions climatiques ou la valeur nutritionnelle produite, le classement peut changer.

Ce point est fondamental pour le traité entier. Une mesure n'est jamais neutre lorsqu'elle efface la ressource rare qu'on cherche réellement à préserver. Si la terre arable est la contrainte dominante, la question n'est pas la même que dans une région où l'essentiel du territoire agricole est herbagé. Si la sécurité protéique humaine est en tension, il faut mesurer la concurrence sur les protéines comestibles. Si le climat est la contrainte principale, une très bonne conversion alimentaire ne peut pas compenser automatiquement des émissions élevées de méthane. L'animal doit donc être évalué selon les fonctions qu'il remplit et les ressources critiques qu'il mobilise, non selon un indicateur isolé.

Cette capacité de transformation se double d'une fonction nutritionnelle. Les aliments terrestres d'origine animale apportent des protéines de haute qualité et plusieurs micronutriments importants. Dans certains groupes de population,

certaines étapes de la vie ou certaines situations de carence, leur contribution peut être particulièrement utile. Cette fonction ne doit pas être niée par simplification. Mais elle ne permet pas davantage de conclure qu'un haut niveau de consommation animale serait nécessaire pour tous. Une valeur nutritionnelle réelle ne vaut pas prescription universelle. Ce qui compte est le régime complet : quels nutriments sont apportés, quelles alternatives existent, à quel coût, dans quelles conditions sociales et avec quelles conséquences sur l'ensemble du système de production.

Ainsi apparaît une première frontière. L'animal produit une fonction nette lorsqu'il transforme une ressource à faible coût d'opportunité en un aliment ou un service difficile à obtenir autrement. Il devient un détour plus coûteux lorsque son alimentation mobilise massivement des ressources rares, directement consommables ou productibles sur des terres dont l'usage alternatif serait plus utile. Cette frontière n'est pas absolue. Elle dépend des territoires, des rations, de la demande, de la technologie disponible et de ce que l'on considère comme ressource critique. Mais elle fournit déjà un cadre plus solide que la simple opposition entre alimentation végétale et animale.

L'animal dans les cycles de la ferme

La deuxième grande fonction de l'élevage apparaît lorsqu'on cesse de regarder l'animal comme un produit final et qu'on le replace dans la circulation des matières. Dans un système mixte, des résidus de culture peuvent alimenter des animaux ; le fumier et l'urine restituent ensuite une partie des nutriments aux sols ; les prairies et légumineuses fourragères peuvent entrer dans les rotations ; les animaux peuvent fournir une source de revenu qui compense les mauvaises années culturales. Cette circularité est l'une des raisons historiques de la stabilité de nombreux systèmes de polyculture-élevage.

Mais parler de « cycle fermé » peut devenir trompeur. L'animal ne crée ni azote, ni phosphore, ni potassium. Il ingère des nutriments, en retient une partie dans sa croissance et ses productions, en restitue une autre partie et en perd une fraction sous différentes formes. Le fumier peut fertiliser une parcelle, améliorer son stock de matière organique et restituer des éléments minéraux, mais il ne supprime pas le bilan global du système. Une ferme qui exporte continuellement des produits doit tôt ou tard compenser les nutriments exportés ou puiser dans des stocks. Une exploitation qui importe des aliments concentrés importe aussi les nutriments qu'ils contiennent ; si ces flux se concentrent dans une zone d'élevage éloignée des cultures qui pourraient les absorber, la supposée circularité peut se transformer en excédent d'azote ou de phosphore, pollution de l'eau, émissions atmosphériques et coût de transport.

La question pertinente n'est donc pas « le fumier est-il naturel ? », mais « où sont les nutriments avant l'animal, où vont-ils après lui, quelles pertes se produisent et quelle fonction agronomique réelle leur restitution remplit-elle ? ». Cette lecture empêche deux caricatures symétriques. La première consiste à considérer l'animal comme nécessaire à toute fertilité agricole, alors qu'une agriculture végétale peut mobiliser légumineuses, composts, engrais minéraux, recyclage de matières organiques ou autres sources. La seconde consiste à considérer l'élevage comme pure perte de nutriments, alors que dans certains

systèmes le recyclage des résidus et le retour des effluents jouent effectivement un rôle agronomique central.

L'élevage peut également servir de convertisseur de variabilité. Une récolte de qualité insuffisante pour l'alimentation humaine peut parfois être valorisée par l'animal. Des coproduits de meunerie, de brasserie, de sucrerie ou d'huilerie peuvent entrer dans des rations. Dans certains systèmes, les animaux utilisent temporairement des ressources que le marché humain absorbe mal. Cette capacité donne au système alimentaire une certaine souplesse. Elle ne doit toutefois pas masquer un effet de verrouillage : lorsqu'une filière animale devient suffisamment vaste, elle peut créer une demande structurelle pour des cultures qui ne sont plus résiduelles mais produites spécifiquement pour elle. Ce qui commençait comme valorisation d'un surplus devient alors une composante permanente du système de production.

Le même raisonnement vaut pour l'énergie. Les effluents peuvent participer à la méthanisation et produire du biogaz. Cette récupération peut réduire certains impacts du stockage du fumier et fournir une énergie utile. Mais elle ne transforme pas automatiquement l'élevage en producteur net d'énergie ni ne justifie d'augmenter le cheptel pour alimenter un méthaniseur. Il faut comparer le bilan du système entier : ressources mobilisées pour nourrir les animaux, émissions, investissement, transport des substrats, usage du digestat et alternative énergétique disponible.

La circularité n'est donc pas un label mais une propriété à mesurer. Un système est réellement plus circulaire lorsqu'il utilise mieux des flux existants, réduit les prélèvements externes et évite des pertes sans créer artificiellement de nouveaux flux pour nourrir sa propre circularité. Appliqué à l'élevage, ce principe conduit à une idée simple : l'animal est particulièrement intéressant lorsqu'il s'insère dans des flux qui existent déjà et qu'il améliore leur usage ; il est plus contestable lorsqu'il exige que le système produise d'abord de grandes quantités de ressources spécifiques pour pouvoir ensuite prétendre les recycler.

Prairies, parcours et territoires que les cultures n'occupent pas de la même manière

Le débat sur l'élevage devient souvent abstrait parce qu'il parle de « terres agricoles » comme si toutes étaient équivalentes. Or une prairie permanente, un parcours semi-aride, une pente de montagne, une terre profonde de grande culture et un terrain irrigable n'offrent pas les mêmes possibilités. Une part importante des surfaces utilisées par l'élevage n'est pas directement substituable à des cultures alimentaires humaines. Dans ces territoires, les ruminants peuvent convertir de la végétation herbacée en aliments, maintenir une activité économique, contribuer à certains paysages ouverts et donner une fonction productive à des surfaces où la culture serait difficile, peu rentable ou écologiquement fragile.

Cette fonction territoriale est particulièrement importante pour comprendre le pastoralisme. Dans des zones arides ou semi-arides, la mobilité animale peut permettre de valoriser des ressources saisonnières dispersées. Dans certaines régions de montagne, l'élevage entretient des prairies qui ont aussi une valeur paysagère, culturelle ou écologique. Dans d'autres contextes, le pâturage peut contribuer à maintenir des habitats ouverts qui disparaîtraient avec l'abandon. Une analyse strictement calorique manquerait alors une partie importante du système réel.

Mais là encore, le bénéfice ne doit pas être présumé. Le pâturage peut être trop intense. Il peut accélérer l'érosion, dégrader les sols, réduire la végétation, affecter les cours d'eau ou empêcher la régénération. Certaines expansions pastorales ou fourragères peuvent accompagner la conversion d'habitats naturels. Une prairie entretenue par pâturage ne doit pas être confondue avec un écosystème naturel intact, et l'idée d'une terre « non cultivable » ne signifie pas qu'elle n'a pas d'autre valeur. Elle peut contribuer au stockage de carbone, à la biodiversité, à la régulation hydrologique, à la conservation d'espèces ou simplement avoir une valeur intrinsèque comme milieu non productif.

Il faut donc comparer des trajectoires alternatives précises. Que se passe-t-il si la prairie n'est plus pâturée ? Se boise-t-elle ? Se ferme-t-elle au détriment d'espèces liées aux milieux ouverts ? Est-elle restaurée en écosystème plus riche ? Est-elle convertie en culture ? Le résultat varie selon le climat, le sol, l'histoire du paysage et les objectifs collectifs. Dire que l'élevage « maintient les paysages » est donc trop vague ; dire qu'il « détruit nécessairement la biodiversité » l'est tout autant.

Cette attention au contrefactuel modifie la question foncière. Pour savoir si un animal mobilise trop de terre, il faut demander ce que cette terre pourrait raisonnablement devenir. Une terre arable fertile consacrée à des céréales fourragères possède un coût d'opportunité alimentaire élevé. Une prairie permanente peu adaptée aux cultures en possède un autre. Une ancienne forêt défrichée pour pâturage pose encore une autre question : le coût n'est plus seulement la concurrence avec une culture, mais la perte d'un écosystème et du carbone associé. La surface seule ne suffit donc pas. Il faut qualifier la terre, son histoire et ses alternatives.

Cette distinction fournit une deuxième frontière pour le chapitre. L'élevage peut ajouter une fonction territoriale lorsqu'il valorise durablement une biomasse et un espace ayant peu d'alternatives alimentaires directes, tout en maintenant des fonctions écologiques ou sociales importantes. Il devient plus difficile à défendre lorsqu'il exige la conversion ou l'occupation de terres à forte valeur alternative — alimentaire, écologique ou climatique — sans service compensatoire suffisant.

L'élevage comme institution économique et sociale

Dans les pays industrialisés, l'animal est souvent vu d'abord comme unité de production. Dans de nombreuses régions du monde, cette image est trop étroite. Le troupeau peut être nourriture, revenu, capital, épargne, assurance, traction, fertilisant, statut, héritage, moyen de paiement et sécurité face aux mauvaises récoltes. Les chaînes de valeur de l'élevage font vivre un nombre très important de personnes. Pour certaines familles, retirer les animaux ne signifie donc pas simplement remplacer un aliment par une légumineuse : cela peut modifier toute l'architecture économique du ménage.

Cette fonction de capital est particulière. Une vache, une chèvre ou quelques poules peuvent être des actifs vivants : ils se reproduisent, se déplacent, produisent de la nourriture et peuvent être vendus lorsqu'un besoin financier apparaît. Dans des contextes où l'accès au crédit, à l'assurance ou à l'épargne bancaire est limité, cette fonction n'est pas facilement substituable. L'animal peut également répartir le risque entre cultures et élevage. Une mauvaise récolte n'affecte pas

nécessairement les mêmes ressources qu'une mauvaise année animale, même si les deux peuvent évidemment être corrélées par la sécheresse ou les maladies.

Dans les économies plus capitalisées, d'autres fonctions apparaissent. L'élevage structure des filières de transformation, d'abattage, de transport, de nutrition animale, de génétique, de santé vétérinaire et de distribution. Des territoires entiers se spécialisent. Cette organisation crée des compétences, des infrastructures et des emplois mais aussi des dépendances. Une transition rapide vers moins de produits animaux peut donc produire des coûts économiques et sociaux concentrés, même si elle réduit certains coûts environnementaux globaux.

Cette observation ne constitue pas un argument pour maintenir indéfiniment toute structure existante. Une activité économique peut être importante et néanmoins devoir diminuer ou se transformer. Mais une politique qui ignore les fonctions économiques réelles risque de déplacer brutalement les coûts sur les personnes les moins capables de les absorber. La question devient alors politique : qui paie la transformation d'un système lorsque les bénéfices attendus sont collectifs mais que les pertes sont concentrées sur certains éleveurs, salariés ou territoires ?

Le même principe vaut pour la culture. L'élevage ne produit pas seulement des protéines ; il participe à des cuisines, des fêtes, des paysages, des savoir-faire et des identités territoriales. Ces dimensions ne doivent pas être fétichisées : une tradition n'est pas automatiquement bonne parce qu'elle est ancienne. Mais elles sont réelles. Les transformer demande davantage qu'un calcul nutritionnel. Une politique alimentaire durable qui méprise l'attachement culturel risque de produire résistance, perte de légitimité ou simple déplacement de la consommation.

Cette dimension sociale renforce le critère de fonction nette. Pour évaluer un système, il faut demander ce qui disparaît réellement avec l'animal et ce qui peut le remplacer. Si une fonction peut être remplacée facilement par une solution moins coûteuse, l'argument en faveur de l'élevage s'affaiblit. Si elle n'a pas d'alternative simple — par exemple dans certains systèmes pastoraux ou de petite agriculture — la transition doit intégrer ce coût et peut prendre une forme très différente. La soutenabilité n'est pas seulement l'état final d'un système ; elle dépend aussi de la manière dont on peut raisonnablement y parvenir.

Le coût écologique et climatique ne peut pas être placé en note de bas de page

Reconnaître les fonctions de l'élevage ne doit pas conduire à minimiser son poids environnemental. Les systèmes agroalimentaires d'élevage représentent une part importante des émissions mondiales de gaz à effet de serre. Les estimations de la FAO pour l'année de référence 2015 atteignent environ 6,2 milliards de tonnes équivalent CO₂ par an, soit autour de 12 % des émissions anthropiques mondiales selon le périmètre considéré. Les bovins concentrent la majorité des émissions du secteur modélisé, principalement en raison du méthane entérique mais aussi des effluents, de la production des aliments, de l'énergie et des changements d'usage des terres.

Cette réalité impose de ne pas confondre deux formes d'efficacité. Une exploitation peut réduire ses émissions par litre de lait ou kilogramme de viande

tout en maintenant ou augmentant ses émissions totales si la production croît. L'intensification peut donc être pertinente pour certains objectifs sans résoudre la contrainte climatique globale. La question climatique comporte au moins trois niveaux : combien d'émissions par unité produite ? combien d'émissions totales pour le système ? et quel niveau total est compatible avec les objectifs climatiques et les autres usages du budget d'émissions ?

Cette distinction est particulièrement importante pour les ruminants. Leur capacité à valoriser l'herbe et la cellulose constitue une fonction réelle, mais la fermentation entérique produit du méthane. Un système peut donc être performant selon la concurrence alimentaire et défavorable selon le climat. Inversement, un élevage de volaille peut avoir une empreinte climatique unitaire plus faible mais dépendre davantage de cultures arables et poser d'autres enjeux de concentration, d'effluents ou de bien-être. Il n'existe pas de système gagnant sur toutes les dimensions.

Les mesures de réduction disponibles sont nombreuses : santé animale, reproduction, alimentation, génétique, gestion des troupeaux, traitement des effluents, additifs réduisant le méthane dans certaines conditions, meilleure utilisation des pâturages, réduction des pertes, énergie, organisation des chaînes de valeur. Elles peuvent réduire significativement l'intensité d'émissions. Mais leur potentiel dépend du système et elles ont des coûts. Certaines exigent du capital, du suivi technique ou des infrastructures ; d'autres déplacent les impacts vers les cultures fourragères ou l'énergie. Surtout, la réduction de la demande constitue elle aussi un levier. Un traité sérieux ne peut donc pas examiner uniquement comment produire la même quantité de produits animaux avec moins d'émissions ; il doit aussi demander quelle quantité est réellement nécessaire ou désirable dans différents contextes.

À cela s'ajoutent les effets sur l'eau, les nutriments, la biodiversité et les sols. Les effluents peuvent fertiliser mais aussi polluer. Les prairies peuvent maintenir des habitats mais l'expansion de l'élevage peut contribuer à la conversion d'écosystèmes. Les animaux peuvent valoriser des résidus mais les cultures fourragères peuvent aussi exiger irrigation, engrais et pesticides. Une synthèse honnête doit accepter qu'un même système produise simultanément des services et des dommages.

Le bien-être animal ajoute une contrainte d'un autre ordre. Elle ne peut pas être réduite à l'environnement : un système écologiquement performant peut être mauvais pour les animaux, et l'inverse est possible. Les standards internationaux de bien-être utilisent des critères observables tels que comportement, morbidité, mortalité, boiteries, blessures, condition corporelle, reproduction, réactions aux manipulations et autres indicateurs adaptés à l'espèce. Cette approche est utile parce qu'elle évite une opposition superficielle « plein air bon, bâtiment mauvais ». Un système en bâtiment peut protéger des animaux de certains parasites, prédateurs ou aléas climatiques tout en restreignant des comportements essentiels ; un système extensif peut offrir plus d'autonomie mais exposer à la faim, aux maladies, aux extrêmes climatiques ou à la prédation.

Mais même un élevage présentant de bons indicateurs de bien-être ne résout pas toute la question morale. Dans la plupart des filières, l'animal est finalement

abattu. La légitimité de cette mise à mort, le statut moral de l'animal et les obligations que crée notre pouvoir sur sa vie dépassent la seule mesure du bien-être. Ce traité consacrera une analyse spécifique à cette question. Ici, il suffit d'établir un garde-fou : aucune fonction agronomique, nutritionnelle ou territoriale ne doit rendre invisible le fait que l'élevage concerne des êtres vivants sensibles. Le coût moral ne peut pas être comptabilisé comme une simple externalité technique.

Service net ou détour coûteux : une grille plutôt qu'un verdict

À ce stade, le chapitre ne permet pas de répondre par oui ou non à la question de l'élevage. Il permet quelque chose de plus utile : construire une méthode de distinction.

Un animal apporte une fonction nette lorsque plusieurs conditions tendent à converger. Il utilise majoritairement des ressources dont le coût d'opportunité est faible : herbe de terres peu cultivables, résidus, coproduits ou autres flux difficiles à valoriser directement. Il produit un aliment ou un service réellement utile. Ses effluents peuvent être réintégrés dans des sols capables de les utiliser sans surcharge. Le système évite de convertir des écosystèmes à forte valeur écologique ou climatique. Son niveau d'émissions reste compatible avec les contraintes collectives. Les conditions de vie des animaux respectent des exigences de bien-être suffisamment élevées. Enfin, la fonction économique et sociale du système n'est pas obtenue par transfert massif de coûts vers d'autres territoires, travailleurs, générations ou espèces.

À l'inverse, l'animal devient davantage un détour coûteux lorsque la majeure partie de sa ration dépend de cultures directement concurrentes de l'alimentation humaine ou de terres à forte valeur alternative ; lorsque les nutriments sont concentrés au point de devenir pollution ; lorsque la production exige des changements d'usage des terres destructeurs ; lorsque l'efficacité par unité masque un volume total incompatible avec les objectifs climatiques ; lorsque la faible rémunération du produit repose sur des conditions de travail ou de bien-être dégradées ; ou encore lorsque la fonction invoquée pourrait être obtenue de façon plus simple et moins coûteuse par une autre organisation.

Cette grille ne doit pas devenir un score unique. Les critères sont hétérogènes. Une tonne de CO₂e, une souffrance animale, un emploi rural et un hectare de prairie ne sont pas des unités interchangeables que l'on peut additionner proprement pour produire une note finale. Les conflits de valeurs restent des conflits. Ce que la grille permet est de rendre visibles les dimensions que chaque position sacrifie ou privilégie.

Elle permet aussi de sortir d'un faux dilemme fréquent. Reconnaître qu'un certain élevage remplit une fonction nette ne signifie pas que le niveau actuel de consommation animale est soutenable. Inversement, reconnaître que de nombreux systèmes sont coûteux ne signifie pas que tout animal doit disparaître de toute agriculture. Il est parfaitement possible qu'un système alimentaire soutenable comporte moins d'animaux, élevés différemment, intégrés à d'autres flux et consommés dans d'autres proportions. Cette hypothèse devra être testée, pas présupposée.

La logique du traité devient alors plus précise. Nous ne chercherons pas le modèle moralement pur. Nous chercherons à savoir, pour chaque type d'élevage, quelles fonctions il remplit réellement, quelles ressources il utilise, quelles externalités il produit, quelles alternatives existent et quels coûts resteraient si on le supprimait. C'est seulement après cette cartographie qu'une décision politique ou morale peut devenir plus rigoureuse.

Cette méthode conduit directement au chapitre suivant. Il n'existe pas « l'élevage », mais des systèmes d'élevage : espèces, rations, territoires, densités, bâtiments, pâturages, génétique, santé, effluents et marchés composent des architectures très différentes. La prochaine étape est donc de descendre du principe à la comparaison. Les bovins, les petits ruminants, les porcs, les volailles, le lait, les œufs, les systèmes pastoraux, intensifs, mixtes ou circulaires doivent être examinés selon les mêmes questions, sans supposer qu'ils aboutiront au même verdict.

Le chapitre aura rempli sa fonction s'il permet de remplacer une opposition abstraite par une question plus exigeante : non pas « avons-nous besoin des animaux ? », mais « où, pour quoi, en quelle quantité, avec quelles ressources, à quelles conditions et par rapport à quelle alternative ? ». C'est à cette condition que l'élevage peut être évalué comme une fonction du système alimentaire plutôt que défendu ou condamné comme une identité.

CHAPITRE 7 — LES SYSTÈMES D'ÉLEVAGE DANS LE RÉEL

Le chapitre précédent a établi une chose simple mais insuffisante : l'animal peut remplir des fonctions alimentaires, agronomiques, territoriales, économiques et sociales qui ne se réduisent pas à la production d'un kilogramme de viande, de lait ou d'œufs. Cela ne dit pourtant presque rien sur la manière dont ces fonctions sont réellement remplies. Entre une vache nourrie principalement à l'herbe et une vache recevant une ration riche en concentrés, entre un troupeau ovin mobile sur parcours arides et un atelier porcin fortement spécialisé, entre une volaille nourrie avec des céréales et un porc valorisant une forte proportion de coproduits, l'étiquette « élevage » recouvre des architectures matérielles très différentes.

C'est là que commence le problème réel. Une espèce possède des caractéristiques biologiques : un ruminant digère la cellulose grâce à son rumen ; un porc ou une volaille ne le font pas de la même manière ; une vache laitière produit quotidiennement un aliment très différent d'une carcasse bovine ; une poule transforme sa ration en œufs selon un rythme et une physiologie propres. Mais ces caractéristiques ne déterminent jamais seules la performance d'un système. La ration, la qualité des terres, le climat, la densité animale, la disponibilité de coproduits, la santé du troupeau, la distance entre aliments et effluents, les infrastructures, le capital et le niveau de production modifient profondément le résultat.

Comparer honnêtement les systèmes d'élevage exige donc d'éviter deux erreurs. La première consiste à attribuer à toute une espèce les performances d'un système particulier. La seconde consiste à changer de critère selon l'espèce que l'on souhaite valoriser : rendement alimentaire pour la volaille, surface non cultivable pour les bovins, emploi rural pour les petits ruminants, bien-être pour un autre système, puis à déclarer un gagnant. Une comparaison cohérente doit poser les mêmes questions à tous : que mangent les animaux ? sur quelles terres cette nourriture est-elle produite ? quelle part concurrence directement l'alimentation humaine ? combien de produit est obtenu ? quels gaz à effet de serre sont émis ? où vont les nutriments ? quelles contraintes sanitaires et de bien-être apparaissent ? quelles fonctions territoriales ou sociales sont rendues ? quelle dépendance au capital, aux intrants et aux marchés est créée ?

Pourquoi l'espèce ne suffit pas

La première raison pour laquelle l'espèce ne suffit pas tient à l'alimentation. Un bovin peut vivre presque exclusivement d'herbe et de fourrages grossiers, mais il peut aussi recevoir des quantités importantes de maïs ensilage, de céréales et de tourteaux. Un porc peut dépendre d'une ration très standardisée à base de céréales et de protéines végétales, mais il peut aussi intégrer des coproduits alimentaires qui réduisent une partie de la concurrence avec l'alimentation humaine. Une volaille possède une physiologie exigeante en énergie et en protéines concentrées, mais la

formulation de sa ration varie selon les ressources, les coûts et les objectifs de production. Ainsi, deux élevages de la même espèce peuvent être plus différents entre eux qu'un élevage et une autre espèce sur certains critères.

La deuxième raison concerne les terres. La surface directement occupée par un bâtiment porcin ou avicole peut être très faible. Si l'on s'arrête à cette mesure, ces systèmes semblent presque dépourvus de coût foncier. Mais leurs aliments sont produits ailleurs, parfois sur des terres arables de haute qualité. À l'inverse, un troupeau bovin extensif peut occuper une grande surface visible tout en utilisant des parcours ou des prairies peu adaptés aux cultures. La comparaison en hectares n'a donc aucun sens sans qualification des hectares. Une terre céréalière fertile, une prairie permanente, une lande pâturée ou une pente montagneuse ne représentent pas la même ressource ni les mêmes alternatives.

La troisième raison tient à l'intensification. Une forte productivité par animal peut réduire certains coûts par unité de produit : moins de jours d'entretien pour atteindre le poids d'abattage, davantage de lait par vache, meilleure conversion de la ration. Mais cette intensification peut demander davantage de concentrés, de bâtiments, d'énergie, de génétique spécialisée, de surveillance sanitaire et de capital. Elle peut également concentrer les effluents. À l'inverse, un système peu intensifié peut être moins dépendant de certains intrants tout en utilisant davantage de temps, de surface ou en émettant davantage par unité produite. L'intensification n'est donc ni une amélioration générale ni une dégradation générale : elle change la répartition des coûts.

Enfin, le territoire transforme les mêmes pratiques. Un pâturage peut maintenir un habitat ouvert dans une région où l'abandon conduirait à une fermeture rapide du milieu ; ailleurs, la diminution du pâturage peut permettre une restauration forestière ou écologique souhaitable. Une ration à base de coproduits locaux peut réduire certains coûts dans une région agroalimentaire dense ; la même ration peut exiger de longs transports dans un autre territoire. Des effluents abondants peuvent être une ressource dans une zone de cultures déficitaire en matière organique ; ils deviennent une pollution lorsque le cheptel est concentré bien au-delà de la capacité d'absorption des terres voisines. L'élevage n'existe donc jamais dans l'abstrait : il existe dans une géographie des flux.

Ruminants : l'avantage de la cellulose et le coût du méthane

Les ruminants occupent une place singulière parce qu'ils savent transformer des biomasses fibreuses que l'être humain ne peut pas directement digérer. Bovins, ovins et caprins peuvent valoriser herbe, parcours, résidus et fourrages grossiers. Cette fonction est particulièrement forte lorsque les terres utilisées sont peu adaptées aux cultures alimentaires et lorsque la ration contient peu d'aliments directement consommables par l'humain. C'est l'un des cas où la notion de fonction nette prend un sens concret : la conversion n'est pas seulement celle d'une ration en produit, mais celle d'une ressource peu accessible à l'humain en aliment, revenu et parfois entretien du territoire.

Cette capacité explique la persistance des systèmes pastoraux et herbagers dans de nombreux milieux. Sur des parcours arides, en montagne ou dans des prairies permanentes, l'animal peut se déplacer vers une ressource dispersée que l'on ne récolterait pas économiquement pour la transporter. Les petits ruminants jouent

ici un rôle particulier : leur taille, leur mobilité et leur capacité à exploiter des végétations variées les rendent compatibles avec des systèmes où la mécanisation est limitée. Chez certains petits producteurs, ils constituent également un capital plus divisible qu'un bovin et une réserve de sécurité relativement accessible.

Mais la physiologie qui permet de digérer la cellulose produit également du méthane. La fermentation entérique est une source majeure des émissions de l'élevage. Dans l'évaluation mondiale de la FAO fondée sur l'année de référence 2015, les bovins — viande et lait confondus — représentent environ 62 % des émissions du secteur modélisé, tandis que les petits ruminants en représentent environ 7 %. Ces proportions décrivent la structure mondiale des émissions, pas l'empreinte d'un élevage particulier, mais elles montrent pourquoi le climat ne peut pas être un détail dans l'évaluation des ruminants.

Cette contrainte crée un paradoxe. Un bovin nourri à l'herbe peut avoir une faible concurrence directe avec l'alimentation humaine tout en présentant une forte empreinte climatique par unité de produit. Un système plus intensif, avec croissance plus rapide ou production laitière plus élevée, peut réduire l'intensité d'émissions par kilogramme ou litre en diluant les besoins d'entretien de l'animal, mais il peut pour cela mobiliser davantage de concentrés et de cultures arables. On améliore alors un indicateur au prix d'une pression différente ailleurs.

Le lait illustre bien cette tension. Une vache laitière transforme quotidiennement une ration en un aliment riche en protéines, énergie et micronutriments. Lorsque la ration repose largement sur prairie, fourrages locaux et coproduits, le système peut valoriser une part importante de biomasse non directement comestible. Lorsque la recherche de productivité conduit à augmenter fortement la part de concentrés, l'efficacité par animal peut progresser mais la concurrence feed/food, la dépendance aux marchés d'aliments et les flux d'azote et de phosphore peuvent augmenter. La bonne question n'est donc pas « le lait est-il efficace ? », mais « efficace selon quelle ressource et dans quel système ? ».

Les bovins viande montrent une autre variation. Un système naisseur sur pâturage peut exploiter des terres non cultivables et disperser les déjections directement sur le sol. Un système d'engraissement intensifié peut raccourcir la durée de finition et mieux contrôler l'alimentation, mais concentre animaux et effluents et mobilise souvent davantage d'aliments concentrés. Dans le premier cas, la surface et le méthane deviennent des contraintes fortes ; dans le second, la concurrence avec les cultures et la concentration des flux prennent davantage de poids.

Les petits ruminants poussent encore plus loin la dépendance au territoire. Dans certains systèmes pastoraux, leur intérêt tient moins à une conversion alimentaire exceptionnelle qu'à leur capacité à exploiter des ressources saisonnières dispersées et à fournir revenu, lait, viande, fibre ou capital dans des régions où les alternatives sont limitées. Mais une faible productivité animale peut aussi conduire à des émissions élevées par unité de produit, et un surpâturage chronique peut dégrader la fonction territoriale que l'on invoque pour défendre le système. Le fait qu'une terre soit marginale pour les cultures ne signifie pas que toute densité de pâturage y soit soutenable.

Il faut donc résister à deux récits opposés. Le premier présente les ruminants comme intrinsèquement absurdes parce qu'ils demandent beaucoup de terre et émettent du méthane. Il oublie leur capacité spécifique à valoriser cellulose, prairies et parcours. Le second les présente comme automatiquement écologiques parce qu'ils mangent de l'herbe. Il oublie le méthane, le surpâturage, l'usage alternatif des terres et les volumes totaux de production. La vérité opérationnelle est plus exigeante : l'avantage de la cellulose doit être comparé au coût climatique et territorial dans chaque architecture réelle.

Monogastriques : efficacité de conversion et dépendance aux cultures

Les porcs et les volailles déplacent le problème. Ils ne produisent pas de méthane entérique dans les mêmes proportions que les ruminants et convertissent généralement mieux une ration concentrée en produit animal. Les volailles de chair en particulier ont été sélectionnées pour une croissance très rapide et une forte efficacité alimentaire. Les porcs combinent également bonne conversion, cycles relativement courts et capacité à utiliser certains coproduits. Sous l'angle strict des kilogrammes de ration nécessaires à la production, ces systèmes paraissent donc avantageux.

Mais leur ration contient souvent davantage de matières premières qui pourraient être consommées directement par l'humain ou cultivées sur des terres arables : céréales, soja et autres protéagineux, huiles et compléments. La faible surface visible du bâtiment ne doit pas masquer la surface agricole indirecte. Pour un système avicole ou porcin, une part importante du territoire fonctionnel se trouve dans les champs qui produisent l'aliment, parfois à grande distance du lieu d'élevage.

Le cadre feed/food établi au chapitre précédent doit ici être appliqué système par système. Une moyenne mondiale ne permet pas de conclure pour un élevage précis : ce qui compte est la part réelle de la ration directement consommable par l'humain, l'origine des aliments et le coût d'opportunité des terres qui les produisent. Chez les monogastriques, cette vérification devient particulièrement importante parce que la ration repose souvent davantage sur des céréales et des concentrés.

Chez le porc, cette question est particulièrement intéressante parce que l'espèce peut occuper deux fonctions très différentes. Historiquement, le porc a souvent servi de valorisateur de restes, sous-produits et déchets alimentaires. Dans une logique de bioéconomie circulaire, cette fonction peut encore être pertinente sous réserve de sécurité sanitaire et de qualité nutritionnelle. Mais les grands systèmes spécialisés reposent fréquemment sur des rations formulées à partir de cultures produites spécifiquement pour l'alimentation animale. Le même animal peut donc être soit un convertisseur de flux à faible coût d'opportunité, soit un consommateur important de ressources agricoles concurrentes.

La volaille de chair pousse plus loin l'efficacité biologique et la dépendance à une ration précise. Sa croissance rapide permet de produire beaucoup de viande en peu de temps. Cette performance réduit l'entretien par kilogramme de produit et contribue à une intensité climatique généralement plus faible que chez les ruminants. Dans la répartition mondiale FAO pour 2015, les poulets représentent environ 9 % des émissions du secteur modélisé contre 14 % pour les porcs. Mais ces

chiffres ne doivent pas être confondus avec une hiérarchie morale ou écologique générale : ils ne mesurent pas à eux seuls l'usage de terres arables, le bien-être, la dépendance protéique ou la vulnérabilité aux chaînes d'approvisionnement.

Les œufs présentent une autre forme d'efficacité. Une poule pondeuse produit de manière répétée un aliment protéique sans être abattue pour chaque unité produite. Mais son alimentation dépend elle aussi largement de céréales et de sources protéiques. Les comparaisons entre œufs, viande et lait devraient donc porter sur la quantité et la qualité nutritionnelle produites, la ration nécessaire et les impacts associés, pas seulement sur les kilogrammes de produit final. Un kilogramme d'œufs, de lait ou de viande ne représente pas la même composition alimentaire.

La forte productivité des monogastriques est aussi étroitement liée à la spécialisation génétique, à la maîtrise du milieu, à la biosécurité et à la qualité précise des rations. Ces systèmes permettent un contrôle poussé de la température, de l'alimentation, de l'eau et de la santé, mais ils deviennent dépendants d'infrastructures, d'énergie, de génétique et d'approvisionnements réguliers. Leur efficacité est donc souvent une efficacité organisée par un réseau technique dense. Une rupture d'aliment, d'électricité, de ventilation ou de biosécurité peut avoir des effets rapides sur de grands nombres d'animaux.

Le bien-être rend cette tension particulièrement visible. Les recommandations internationales de la WOAHP disposent de chapitres spécifiques pour les systèmes de production de porcs et de poulets de chair, comme pour les bovins viande et lait. Elles ne réduisent pas le bien-être à la présence ou l'absence d'un bâtiment, mais considèrent notamment santé, blessures, mortalité, comportement, locomotion, alimentation et environnement. Cela interdit de conclure simplement qu'un système confiné est nécessairement mauvais ou qu'un système extérieur est automatiquement bon. Mais cela interdit également de traiter l'efficacité alimentaire comme un substitut au bien-être. La croissance extrêmement rapide, la densité, la litière, l'enrichissement, la qualité de l'air ou les possibilités comportementales sont des variables réelles qui peuvent entrer en conflit avec l'optimisation productive.

Pour les poules pondeuses, le cadre normatif de la WOAHP est moins directement structuré : le Code terrestre comporte des chapitres spécifiques pour bovins viande, bovins lait, porcs et poulets de chair, mais pas de chapitre de production équivalent consacré aux pondeuses. Cette absence ne signifie pas qu'il n'existe pas de science du bien-être des pondeuses ; elle oblige simplement à compléter ce cadre par d'autres sources scientifiques.

Le contraste avec les ruminants peut donc être formulé ainsi : les monogastriques gagnent souvent en efficacité de conversion brute et en intensité climatique, mais perdent une partie de l'avantage de valorisation de cellulose et utilisent davantage de terres arables indirectes. Aucun de ces deux profils n'est supérieur sur toutes les dimensions. La question devient de savoir quelle ressource est rare, quelle production est demandée et quelles externalités peuvent réellement être réduites.

Concentrer ou disperser : effluents, santé, travail et capital

La densité animale transforme un autre ensemble de fonctions. Lorsque les animaux sont dispersés sur de grandes surfaces, comme dans certains systèmes herbagers, leurs déjections sont réparties directement sur le territoire. Cela limite certains coûts de collecte et de transport et peut restituer localement des nutriments. Mais cette dispersion rend la récupération moins contrôlable et peut créer des pertes diffuses vers l'air ou l'eau. Elle expose aussi les animaux à des aléas climatiques, parasitaires et alimentaires plus difficiles à contrôler.

Lorsque les animaux sont concentrés dans des bâtiments ou des unités intensives, la situation s'inverse. Les effluents deviennent collectables. Ils peuvent être stockés, compostés, méthanisés ou épandus avec davantage de contrôle. Mais la quantité produite sur une petite zone peut dépasser rapidement la capacité des terres voisines. L'élevage importe alors de l'azote et du phosphore sous forme d'aliments et exporte peu de ces nutriments sous forme de produit animal relativement à la quantité ingérée. Sans surfaces d'épandage suffisantes ou organisation du transfert, le système transforme une ressource agronomique en problème de pollution.

Le porc illustre fortement ce mécanisme avec le lisier ; les bassins laitiers spécialisés peuvent rencontrer des tensions comparables ; les élevages avicoles concentrent eux aussi des effluents riches en nutriments. La question n'est donc pas de savoir si le fumier est « naturel », mais si les flux de nutriments restent proportionnés aux terres capables de les utiliser. À ce niveau, la géographie du système devient aussi importante que l'espèce.

La concentration peut améliorer la biosécurité. Contrôle des entrées, désinfection, vaccination, surveillance, alimentation standardisée et maîtrise du climat permettent de réduire certains risques. Mais elle augmente simultanément les conséquences possibles d'une introduction pathogène : beaucoup d'animaux génétiquement proches vivent dans un environnement partagé et connecté à des flux d'animaux, d'aliments, de personnel et de véhicules. La biosécurité n'est donc pas un avantage acquis une fois pour toutes ; elle devient une infrastructure indispensable au fonctionnement du système.

La question des antimicrobiens s'inscrit dans cette logique. Leur usage vétérinaire peut être nécessaire au traitement des maladies et à la protection du bien-être animal. Leur usage excessif ou mal ciblé contribue au risque d'antibiorésistance. La WOAH traite explicitement la surveillance et l'usage prudent des antimicrobiens dans son Code terrestre. Il serait pourtant erroné de déduire automatiquement le bien-être d'un système à partir de son volume d'antibiotiques : un faible usage peut refléter une bonne prévention comme un défaut de soins ; un usage plus élevé peut signaler des problèmes structurels ou une meilleure prise en charge. Il faut donc distinguer santé, prévention, recours thérapeutique et sélection de résistances.

La concentration modifie également le travail. L'automatisation de l'alimentation, de la traite, de la ventilation, du nettoyage ou de la surveillance peut accroître fortement la productivité du travail. Une personne peut gérer un nombre d'animaux impossible dans un système peu mécanisé. Mais cette productivité exige du capital, de l'électricité, des équipements et des compétences

techniques. Elle peut réduire certaines tâches physiques tout en créant une dépendance aux machines, aux logiciels et à la maintenance.

À l'inverse, des systèmes plus extensifs ou diversifiés peuvent demander davantage de présence humaine, de déplacement, d'observation et de savoir-faire local. Ils peuvent offrir plus d'autonomie technique sur certains plans mais souffrir d'une productivité du travail plus faible et d'une forte pénibilité. Là encore, il n'existe pas de critère unique. Une société qui cherche à réduire le travail pénible n'évaluera pas la mécanisation de la même manière qu'une société où le maintien d'emplois ruraux est une priorité, et les deux questions ne peuvent pas être fusionnées dans un score.

Le capital agit enfin comme un filtre. Un bâtiment spécialisé, une salle de traite, un système de ventilation, des équipements d'alimentation ou un cheptel génétiquement performant peuvent augmenter la productivité mais aussi l'endettement. Une exploitation très productive peut devenir vulnérable à une hausse du prix de l'aliment, de l'énergie ou du crédit. Un système pastoral peut mobiliser moins d'infrastructures fixes mais être extrêmement vulnérable à la sécheresse ou à l'accès au foncier. L'autonomie n'est donc pas l'absence de dépendance : c'est la structure des dépendances qui change.

Territoires et systèmes mixtes : quand l'architecture compte davantage que l'animal

Les systèmes mixtes cultures-élevage permettent de voir ce déplacement d'échelle. Leur intérêt potentiel ne vient pas d'une espèce particulière mais de la relation entre ateliers. Les résidus de cultures peuvent alimenter les animaux ; le fumier peut revenir aux terres ; des prairies temporaires ou légumineuses fourragères peuvent entrer dans les rotations ; le revenu animal peut diversifier le risque économique. En théorie, ces interactions réduisent certains besoins externes et rapprochent les flux de nutriments.

Mais un système mixte n'est pas circulaire par définition. Il peut importer des concentrés, des engrais et de l'énergie ; il peut produire plus d'effluents que ses terres ne peuvent absorber ; il peut conserver deux ateliers médiocrement adaptés simplement parce que la diversification est valorisée comme principe. La circularité réelle doit être mesurée : combien de résidus sont effectivement valorisés ? quelle fraction du fumier revient aux cultures ? quels nutriments restent déficitaires ? combien de transports sont évités ? quel surcroît de travail et de complexité apparaît ?

Cette prudence vaut également pour les systèmes fondés sur les coproduits. Ils correspondent presque idéalement au principe de faible coût d'opportunité : utiliser une biomasse qui existe déjà et dont l'usage alimentaire humain direct est limité. Mais la quantité de coproduits est finie. Elle dépend du volume d'autres filières et peut avoir des usages concurrents : énergie, alimentation d'autres animaux, compostage, matériaux, extraction de molécules. Un modèle soutenable à petite échelle peut ne pas être extensible à la totalité de la production animale actuelle.

Le territoire décide aussi de la valeur des prairies. On ne peut pas comparer une prairie permanente de montagne, un parcours méditerranéen, une prairie humide

riche en biodiversité et une ancienne forêt transformée en pâturage avec le même indicateur foncier. Dans certains cas, le pâturage maintient un milieu ouvert recherché ; dans d'autres, la diminution du cheptel pourrait favoriser une restauration écologique ou forestière. Le bon contrefactuel doit être explicite. Dire « cette terre n'est pas cultivable » ne suffit pas : elle peut avoir une valeur écologique supérieure à son usage productif.

Les fonctions sociales suivent la même logique. Un petit troupeau caprin dans une économie rurale pauvre ne remplit pas la même fonction qu'une unité spécialisée alimentant un marché international. Dans le premier cas, l'animal peut être revenu, capital, épargne, fertilisant et assurance. Dans le second, la fonction dépend davantage de chaînes industrielles, de contrats, de transformation et de commerce. Une politique de transition qui traiterait ces deux réalités comme un seul secteur ferait porter les mêmes prescriptions à des acteurs qui n'ont ni les mêmes ressources ni les mêmes alternatives.

Ainsi, le système pertinent n'est parfois même plus la ferme. Il faut suivre les flux jusqu'aux cultures d'aliments, aux abattoirs, aux usines de transformation, aux marchés, aux terres d'épandage et aux consommateurs. Un élevage peut sembler circulaire à l'échelle de l'exploitation tout en externalisant sa production d'aliments à des milliers de kilomètres. Inversement, une ferme peut importer un coproduit venant d'une industrie proche et améliorer réellement l'utilisation d'un flux régional. La frontière analytique doit suivre la fonction, pas l'adresse administrative.

Comparer sans fabriquer de gagnant universel

La comparaison conduit à une conclusion qui peut sembler frustrante : aucun système d'élevage ne gagne sur toutes les dimensions. Mais cette absence de gagnant universel est précisément le résultat utile.

Les ruminants possèdent un avantage fonctionnel spécifique : ils peuvent transformer cellulose, prairies et parcours en aliments et services. Leur contrainte majeure est climatique, avec le méthane entérique, et souvent foncière lorsque de grandes surfaces sont mobilisées. Les monogastriques convertissent plus efficacement les aliments concentrés, grandissent rapidement et ont généralement une intensité climatique plus faible, mais ils dépendent davantage de cultures arables et de rations pouvant concurrencer l'alimentation humaine. Les systèmes intensifiés réduisent parfois certains impacts par unité produite mais augmentent capital, dépendance technique et concentration des flux. Les systèmes extensifs peuvent mieux valoriser des ressources locales et offrir plus d'autonomie comportementale aux animaux, mais demander davantage de surface, de travail et exposer davantage aux aléas.

Ces différences signifient que la réponse dépend de la question posée. Si la priorité absolue est de réduire le méthane, les ruminants partent avec un handicap majeur. Si la priorité est de valoriser des prairies non cultivables sans les convertir, ils possèdent un avantage que les monogastriques n'ont pas. Si la terre arable est rare, nourrir des animaux avec des céréales devient coûteux. Si le travail agricole est très rare, certains systèmes mécanisés deviennent plus attractifs. Si l'objectif est de maximiser le bien-être, il faut examiner des indicateurs propres aux espèces et aux systèmes au lieu de déduire le résultat de l'intensité. Si la dépendance extérieure est

le principal risque, la disponibilité locale des aliments, du capital et de la maintenance devient centrale.

Cette pluralité ne signifie pas que tout se vaut. Elle signifie que les critères doivent rester visibles. Certains systèmes peuvent être mauvais sur plusieurs dimensions à la fois : ration fortement concurrente, changement d'usage des terres, effluents excédentaires, conditions de travail ou de bien-être médiocres et forte dépendance aux intrants. D'autres peuvent rendre plusieurs services tout en conservant un coût majeur, par exemple un élevage pastoral utile territorialement mais fortement émetteur de méthane. La cartographie ne neutralise pas le jugement ; elle empêche simplement de le produire en cachant les dimensions gênantes.

Le critère du chapitre précédent — fonction nette ou détour coûteux — devient ici plus précis. Pour chaque système, il faut demander : quelle ressource l'animal utilise-t-il ? quelle alternative aurait cette ressource ? quel produit ou service fournit-il ? quel autre système pourrait fournir la même fonction ? quels coûts sont déplacés vers le climat, les terres, l'eau, les animaux, le travail ou d'autres territoires ? et lesquels peuvent réellement être réduits par une modification du système ?

Cette méthode interdit de conclure qu'un élevage est durable parce qu'il est extensif, local, biologique, technologique ou intensif. Ces adjectifs décrivent certaines propriétés, pas l'ensemble du bilan. Elle interdit également d'utiliser un seul chiffre de conversion ou d'émissions pour décider du système entier. Une conversion alimentaire excellente peut reposer sur une ration à fort coût d'opportunité ; une faible concurrence feed/food peut s'accompagner de fortes émissions ; une forte productivité peut masquer une vulnérabilité économique ; un bon bilan environnemental peut coexister avec un mauvais bien-être animal.

Le résultat le plus probable n'est donc pas la découverte d'un élevage idéal, mais celle d'un espace de systèmes plus ou moins cohérents selon les territoires et les fonctions demandées. Il est plausible qu'un système alimentaire soutenable comporte moins de certains élevages, davantage de valorisation de prairies et de coproduits, une meilleure réintégration des nutriments, des densités adaptées aux terres disponibles, une réduction des émissions et des exigences de bien-être plus élevées. Mais cette proposition reste une hypothèse de synthèse : elle devra être testée par les chapitres sur les régimes alimentaires, le climat, l'économie et les modèles agricoles.

Cette comparaison montre pourquoi parler de « l'élevage » au singulier est insuffisant. Les animaux possèdent des biologies différentes, mais surtout les humains les insèrent dans des architectures différentes de terres, d'aliments, de capitaux et de flux. C'est cette architecture qui détermine la majeure partie des arbitrages réels.

Le chapitre suivant peut alors déplacer la question. Après avoir demandé pourquoi élever des animaux, puis comment les systèmes diffèrent matériellement, il faut examiner l'animal lui-même comme être vivant. Une architecture peut être performante en rendement, en climat ou en circularité et rester problématique si elle produit douleur, maladie, restrictions comportementales ou une relation morale jugée inacceptable. La comparaison des systèmes ne clôt donc pas la

question de l'élevage ; elle prépare celle de nos obligations envers les animaux que nous faisons naître, vivre et mourir.

CHAPITRE 8 — L'ANIMAL COMME ÊTRE VIVANT

L'agriculture animale possède une singularité que les chapitres précédents ont seulement approchée. Lorsqu'une ferme transforme un sol, de l'eau, de l'énergie ou un engrais, elle agit sur des ressources. Lorsqu'elle élève un animal, elle organise l'existence d'un être vivant : sa naissance, sa croissance, son environnement, ses interactions, sa reproduction, sa santé, parfois son transport et finalement sa mort. Cette différence ne suffit pas, à elle seule, à dicter une morale. Elle suffit en revanche à rendre certaines questions impossibles à réduire au rendement, au prix ou aux émissions.

Un animal d'élevage est bien sûr un organisme biologique. Sa nutrition peut être mesurée, ses maladies diagnostiquées, sa mortalité comptée, ses performances comparées. Mais il est aussi un individu dont l'état peut être meilleur ou pire pour lui : douleur, peur, faim, inconfort, frustration, mais aussi repos, exploration, interaction sociale ou accès à des comportements fortement motivés. C'est précisément ce que les sciences du bien-être tentent d'observer. Elles ne transforment pas l'animal en sujet humain ; elles reconnaissent simplement qu'une bonne description de son état ne se limite pas au fait qu'il survive ou produise.

Cette reconnaissance impose une première discipline intellectuelle. Il faut distinguer ce que l'on peut documenter de ce que l'on doit juger. Les sciences peuvent décrire des lésions, des boiteries, des mammites, des fractures, des comportements, des réponses de peur, des signes de conscience ou d'inconscience. Elles peuvent comparer des systèmes et identifier des risques. Elles ne peuvent pas, par elles-mêmes, décider si l'être humain a le droit de faire naître un animal pour l'utiliser, ni si une mort indolore est moralement acceptable. Confondre ces deux registres conduit soit à moraliser artificiellement la science, soit à faire croire qu'une bonne technique aurait résolu une question éthique.

L'animal ne se réduit pas à une unité de production

La production animale moderne a besoin d'indicateurs. Poids, croissance, litres de lait, nombre d'œufs, indice de conversion, fécondité, mortalité ou rendement de carcasse permettent de piloter un système. Le problème apparaît lorsque ce qui est mesurable devient implicitement ce qui compte. Un animal performant n'est pas nécessairement un animal qui va bien. À l'inverse, une baisse de performance ne prouve pas automatiquement une mauvaise vie : elle peut venir d'un objectif de production moins intensif ou d'un compromis assumé.

L'erreur consiste donc à confondre la fonction économique de l'animal avec son état. Une vache laitière peut produire beaucoup tout en souffrant de boiteries ou de troubles métaboliques ; un poulet peut atteindre rapidement son poids d'abattage tout en développant des difficultés locomotrices ; une truie peut produire de grandes portées au prix d'une pression accrue sur sa santé ou sa

longévité. Ces exemples ne condamnent pas en bloc la sélection ou l'intensification. Ils montrent que la performance productive est un indicateur partiel.

La WOAHA traite explicitement le bien-être comme un domaine propre, avec des chapitres consacrés aux bovins viande, bovins lait, porcs et poulets de chair, ainsi qu'au transport et à l'abattage. Cette architecture documentaire est importante : si santé, conduite, transport et mise à mort étaient réductibles à la seule productivité, il n'y aurait pas besoin de critères de bien-être spécifiques.

Être sain ne signifie pas nécessairement bien vivre

La santé et le bien-être sont profondément liés. Une maladie douloureuse, une blessure, une infection, un parasite ou une boiterie détériorent généralement le bien-être. Mais la relation n'est pas une identité. Un animal peut être correctement nourri, vacciné, indemne de maladie apparente et pourtant vivre dans un environnement qui réduit fortement ses possibilités de mouvement, de choix ou d'expression comportementale. Inversement, un système offrant davantage d'espace ou d'accès extérieur peut exposer à des parasites, à la prédation ou à des aléas climatiques.

Cette distinction évite deux caricatures. La première affirme que l'extérieur ou le « naturel » garantit le bien-être. Or la nature contient aussi faim, froid, chaleur, compétition, parasitisme et blessures. La seconde affirme qu'un animal productif, propre, protégé et médicalement surveillé bénéficie nécessairement d'une bonne vie. Or un environnement parfaitement contrôlé peut être extrêmement restrictif.

Le bon critère n'est donc pas l'étiquette du système mais l'état de l'animal. Cela exige des mesures fondées sur l'animal : boiteries, lésions, mortalité, état corporel, comportement, blessures, réactions de peur, qualité du repos ou signes de stress. Ces indicateurs doivent ensuite être interprétés avec le contexte de l'espèce. Une même contrainte n'a pas les mêmes conséquences pour une vache, une poule ou un porc.

Cette approche permet aussi de comprendre pourquoi le bien-être ne se résume pas à l'absence de souffrance grave. Un animal peut ne pas être blessé et néanmoins manquer durablement d'espace, de possibilités d'exploration ou de contrôle sur son environnement. Les modèles contemporains du bien-être, comme celui des Cinq Domaines, distinguent nutrition, environnement physique, santé, interactions comportementales et état mental. Ils accordent une place explicite aux expériences positives et à l'agence, c'est-à-dire à la possibilité d'agir sur son environnement.

Au-delà de l'absence de souffrance

Cette évolution est décisive. Une politique de bien-être minimal peut chercher à empêcher douleur aiguë, faim extrême, maladie grave ou mortalité. Une politique plus ambitieuse demande aussi si la vie de l'animal contient des possibilités positives : se déplacer, explorer, fouiller, pâturer, construire un nid, interagir avec des congénères, se reposer dans de bonnes conditions, choisir entre plusieurs micro-environnements.

Il serait excessif de prétendre mesurer une quantité unique de « bonheur animal ». Le bien-être positif est un champ scientifique sérieux mais moins standardisé que certains indicateurs négatifs comme les blessures ou la mortalité. Cette limite doit rester visible. On peut cependant soutenir plus modestement qu'un bon système ne devrait pas seulement supprimer les expériences négatives évitables ; il devrait aussi rendre possibles des comportements fortement motivés et des états positifs plausibles.

Chez le porc, la littérature mobilisant les Cinq Domaines cite notamment le fouissage, le jeu, la construction du nid et des interactions humaines positives comme facteurs susceptibles de favoriser des expériences positives. Cette logique ne signifie pas que chaque comportement naturel doit être reproduit. Elle oblige à demander ce que l'animal cherche activement à faire et ce que produit une privation chronique de ces possibilités.

Les poules pondeuses illustrent fortement ce problème. Les questions de mouvement, de nidification, de perchage, de recherche alimentaire, de bain de poussière et d'exploration ne sont pas de simples décorations ajoutées après la santé. Elles font partie de ce que le système autorise ou interdit. Un dispositif hors cage peut augmenter ces possibilités tout en créant d'autres risques — fractures, blessures, picage ou difficultés sanitaires — si sa conception est mauvaise. Là encore, aucune étiquette ne remplace l'observation des résultats.

Produire un animal : sélection, corps et mutilations

L'élevage ne choisit pas seulement l'environnement de l'animal ; il modifie aussi, génération après génération, l'animal lui-même. Toute domestication implique une sélection. La question n'est donc pas de savoir s'il faut ou non sélectionner, mais quels caractères nous privilégions et quels coûts biologiques nous acceptons.

La sélection génétique peut améliorer la productivité, la résistance à certaines maladies, la robustesse ou la longévité. Elle n'est pas intrinsèquement mauvaise. Le problème apparaît lorsque l'objectif devient trop unidimensionnel. Une croissance très rapide, une production laitière extrême ou des portées très nombreuses peuvent déplacer le coût vers d'autres fonctions biologiques. Les travaux disponibles documentent notamment les troubles locomoteurs chez les poulets à croissance rapide, les tensions entre haut rendement laitier et santé chez les vaches, et les compromis entre taille de portée et bien-être de la truie.

Le principe qui en découle est simple : une amélioration productive n'est pas une amélioration globale si elle exige que l'animal supporte un coût biologique accru. Inversement, une politique de sélection peut intégrer santé, fertilité, robustesse, longévité, comportement et adaptation au milieu. La bonne opposition n'est donc pas « génétique contre nature », mais sélection étroite contre sélection multidimensionnelle.

Les mutilations posent une question proche, mais plus directe. Castration, caudectomie, époinçage du bec, écornage et autres interventions peuvent être utilisées pour réduire des blessures, faciliter la conduite ou contrôler la reproduction. Elles peuvent aussi causer douleur, stress et perte fonctionnelle. Il faut alors distinguer l'intervention thérapeutique, l'intervention préventive

répondant à un risque réel et l'intervention routinière devenue nécessaire principalement parce que le système crée lui-même le problème.

Chez le porc, les travaux de l'EFSA considèrent la castration chirurgicale sans anesthésie comme douloureuse et recommandent d'éviter la caudectomie systématique en agissant sur les facteurs à l'origine des morsures de queue. Chez les volailles, des recommandations analogues visent à éviter les mutilations lorsque la conduite ou l'environnement peuvent prévenir les dommages. La question importante n'est donc pas seulement « l'intervention réduit-elle un risque ? », mais « pourquoi ce risque existe-t-il et pouvait-on le réduire autrement ? ».

Cette question inverse la perspective. Lorsque l'on adapte systématiquement le corps de l'animal à un environnement contraignant, on doit examiner si l'environnement pourrait être adapté à l'animal. Cela ne signifie pas que toute intervention corporelle serait illégitime. Cela signifie que l'intervention ne doit pas masquer la responsabilité architecturale du système.

Transport et abattage : la responsabilité jusqu'au bout

L'expérience de l'animal ne s'arrête pas aux limites administratives de la ferme. Transport, rassemblement, chargement, mélange avec des animaux inconnus, bruit, vibration, température, densité et privation éventuelle d'eau ou d'aliment peuvent créer une phase de risque distincte. La WOAH consacre des chapitres séparés au transport terrestre, maritime et aérien, ce qui confirme que le bien-être doit être évalué sur toute la trajectoire et non sur le seul lieu de production.

Cette continuité de responsabilité devient particulièrement visible à l'abattage. Un bon élevage ne compense pas automatiquement un transport brutal ou une mise à mort mal maîtrisée. Les standards de la WOAH visent à limiter peur, douleur et détresse, notamment par la manipulation, l'immobilisation, l'étourdissement et le contrôle de la conscience. Ces standards continuent d'évoluer avec les pratiques et les connaissances.

L'étourdissement fournit ici un exemple de distinction scientifique nette. On peut chercher à déterminer si l'animal est conscient, s'il manifeste des signes compatibles avec douleur ou détresse et si la méthode produit l'inconscience de manière fiable. Un échec d'étourdissement ou une reprise de conscience constitue un problème de bien-être grave. En revanche, même une méthode techniquement très performante ne répond pas à la question de savoir s'il était moralement acceptable de tuer l'animal.

Cette distinction doit rester absolument claire. Réduire la souffrance lors de l'abattage est une amélioration réelle. Ce n'est pas une justification morale automatique de l'abattage. Une technique peut être meilleure qu'une autre sans que la finalité soit pour autant validée.

Une mort sans souffrance résout-elle la question morale ?

À ce point, le domaine scientifique rencontre sa limite. La science peut étudier la conscience, la nociception, les comportements, les états affectifs et les conséquences d'une méthode de mise à mort. Elle ne peut pas décider seule si la mort constitue un tort pour l'animal. Cette question dépend de ce que l'on considère comme moralement important.

Une première famille de positions met principalement l'accent sur la souffrance. Si un animal a vécu correctement et meurt sans peur ni douleur significatives, l'essentiel du problème moral serait résolu. Dans cette perspective, la priorité est d'améliorer les conditions de vie et d'éliminer les souffrances évitables.

Une deuxième position considère que la mort elle-même peut constituer un tort parce qu'elle prive l'animal d'expériences futures. Une vie agréable ne rend donc pas sa suppression moralement neutre, même lorsque la mise à mort est indolore. La question du futur dont l'animal est privé devient alors distincte de celle de la douleur ressentie au moment de mourir.

Une troisième famille raisonne en termes de droits ou de limites d'usage. Elle considère que certaines formes d'instrumentalisation peuvent être inadmissibles indépendamment du niveau de bien-être obtenu. Ici, la question n'est pas seulement « combien souffre-t-il ? », mais « avons-nous le droit de l'utiliser comme moyen pour nos fins ? ».

Une quatrième approche insiste sur la relation de dépendance créée par la domestication. Faire naître, sélectionner et rendre dépendant imposerait des obligations particulières. Cette responsabilité peut être interprétée de plusieurs façons : devoir de soin renforcé, devoir d'offrir une vie suffisamment bonne, limite aux usages autorisés ou même interdiction de certaines finalités.

Ces positions ne sont pas interchangeables. Elles ne donnent pas toujours la même réponse à un élevage de haute qualité. Un système où les animaux vivent longtemps, disposent d'espace, sont bien soignés et meurent sans douleur peut être jugé très acceptable selon une conception centrée sur la souffrance et rester inadmissible selon une théorie des droits. Le traité ne peut donc pas fabriquer un compromis en additionnant ces positions dans une note moyenne. Il doit montrer leurs présupposés et leurs conséquences.

Une tension supplémentaire apparaît avec l'argument de la « bonne vie ». Beaucoup d'animaux d'élevage n'existeraient pas si l'élevage disparaissait. Certains soutiennent qu'un système qui crée des vies globalement positives peut avoir une valeur qui compte dans le jugement. D'autres répondent qu'on ne peut pas justifier la mise à mort d'un individu par le fait qu'on l'a fait naître. Ce conflit ne se résout ni par un chiffre de bien-être ni par une intuition unique. Il oblige à distinguer qualité de vie, intérêt à continuer de vivre, responsabilité de celui qui fait naître et alternatives réellement disponibles.

Ce que l'élevage exige de nous

Le chapitre ne peut donc conclure ni que tout élevage est moralement équivalent, ni qu'une seule doctrine morale aurait été démontrée. Il peut toutefois établir plusieurs exigences minimales de cohérence pour l'évaluation, dont le statut normatif doit rester explicite.

Premièrement, si un système fait naître et dépendre des animaux, leur santé et leur bien-être ne peuvent pas être traités comme de simples variables secondaires du rendement. Les maladies, blessures, douleurs et peurs évitables doivent compter comme des coûts réels du système.

Deuxièmement, une bonne vie ne se résume pas à l'absence de maladie. Les possibilités de mouvement, de repos, d'exploration, d'interaction et de comportement propres à l'espèce doivent être intégrées à l'évaluation. Les sciences du bien-être contemporaines soutiennent cette extension vers les expériences positives et l'agence, même si toutes ces dimensions ne se mesurent pas avec la même précision.

Troisièmement, l'amélioration de la productivité ne peut pas être automatiquement interprétée comme progrès si elle déplace ses coûts sur le corps de l'animal. La sélection et la conduite doivent donc être évaluées en termes multidimensionnels.

Quatrièmement, lorsque des mutilations ou interventions routinières deviennent nécessaires pour maintenir un système, le système lui-même doit entrer dans l'analyse. Modifier l'animal pour qu'il supporte l'environnement n'est pas équivalent à modifier l'environnement pour réduire le problème.

Cinquièmement, la responsabilité s'étend jusqu'au transport et à l'abattage. Une filière ne peut revendiquer un bon bien-être à la ferme tout en externalisant la souffrance aux dernières heures de vie.

Enfin, aucune amélioration technique ne supprime la nécessité du jugement moral. Même un système exemplaire en matière de santé, d'espace, de comportement, de transport et d'abattage laisse ouverte la question de la mise à mort. Cette question appartient à l'humain : elle dépend de ses valeurs, de ses besoins, de ses alternatives et de la place morale qu'il reconnaît aux animaux.

Cette conclusion ne condamne ni n'absout l'élevage. Elle modifie ce que signifie l'évaluer. À partir du moment où l'on reconnaît que l'animal est un être capable d'états de bien-être et de mal-être, la production animale ne peut plus être jugée seulement par ce qu'elle fournit aux humains. Elle doit aussi être jugée par ce qu'elle fait vivre aux animaux qu'elle produit.

La partie suivante du traité peut alors changer d'échelle. Après avoir examiné pourquoi nous élevons, comment les systèmes diffèrent et ce que nous devons aux animaux, il faut regarder l'organisation économique qui décide concrètement quels systèmes survivent. Car les exigences de bien-être ont des coûts : bâtiments, espace, travail, soins, formation, transport, rythme de production. Si les prix, les contrats et les marchés rendent économiquement impossible une conduite correcte, l'éthique affichée restera sans incarnation matérielle. Le problème animal rejoint alors celui du revenu agricole, du prix de l'alimentation et de la répartition des coûts dans toute la chaîne.

Partie Iv — Organiser Le Système Alimentaire

CHAPITRE 9 — QUI PAIE L'AGRICULTURE ?

Le prix d'un aliment semble offrir une mesure simple de sa valeur. Il est pourtant l'un des indicateurs les plus trompeurs du système agricole. Ce que paie le consommateur ne correspond ni au revenu de l'agriculteur ni au coût total de production, et encore moins au coût réel du système lorsque certaines conséquences environnementales, sociales ou sanitaires sont assumées ailleurs. Entre le champ et le rayon se trouvent des opérations de collecte, transformation, stockage, transport, financement, assurance, commercialisation et distribution. Chacune mobilise du travail, du capital et du risque. Le prix final condense ces fonctions sans révéler automatiquement comment la valeur est répartie.

Cette opacité explique pourquoi deux affirmations apparemment contradictoires peuvent être vraies en même temps : l'alimentation peut sembler chère au consommateur tandis qu'un producteur juge son prix de vente insuffisant ; une filière peut créer beaucoup de valeur tout en rémunérant mal certains de ses acteurs ; une aide publique peut améliorer le revenu d'un exploitant tout en bénéficiant partiellement à un propriétaire foncier ou à un fournisseur ; un produit bon marché peut être économiquement efficace tout en reportant une partie de ses coûts sur l'eau, le climat, la santé ou le travail agricole.

La question de ce chapitre n'est donc pas « qui prend trop ? » comme si une chaîne alimentaire pouvait être réduite à un coupable unique. Elle est plus précise : qui reçoit la valeur, qui possède les actifs, qui supporte le risque, qui assume les coûts, qui bénéficie des transferts, et quelles règles déterminent cette répartition ?

Le prix de l'aliment n'est pas le revenu du producteur

La première confusion à dissiper consiste à imaginer le prix final comme une somme dont l'agriculteur recevrait naturellement une part fixe. Une tonne de blé vendue comme matière première, un litre de lait transformé en fromage, une tomate vendue fraîche ou une carcasse transformée en produits élaborés ne suivent pas les mêmes chaînes. Plus la transformation, le conditionnement, la logistique et la commercialisation sont importantes, moins le prix payé au détail peut être interprété comme une simple majoration du prix agricole.

À l'échelle de l'Union européenne, l'agriculture représente environ un quart de la valeur ajoutée de la chaîne alimentaire en agrégé. Ce chiffre est utile pour montrer que l'aboutissement agricole n'absorbe qu'une partie de la valeur totale ; il ne doit surtout pas être transformé en slogan du type « l'agriculteur ne reçoit que 25 % du prix ». La valeur ajoutée n'est pas le chiffre d'affaires, les filières diffèrent fortement, et les résultats varient selon les pays, les produits et le degré de transformation. Un pourcentage global ne peut remplacer l'analyse d'une chaîne précise.

Le revenu agricole dépend en outre de ce qu'il reste après paiement des consommations intermédiaires, du capital, des fermages, des intérêts, des salaires et des autres charges. Un prix de vente élevé ne garantit donc pas un revenu élevé si

les coûts progressent davantage. À l'inverse, une hausse de productivité peut améliorer le revenu même avec un prix relativement stable. C'est pourquoi les discussions sur le « juste prix » deviennent rapidement confuses lorsqu'elles ne distinguent pas prix de sortie de ferme, marge brute, valeur ajoutée, revenu d'exploitation et revenu du ménage agricole.

Le travail agricole complique encore l'analyse. Les statistiques de revenu par unité de travail peuvent augmenter lorsque le nombre d'actifs diminue. Une progression du revenu moyen par travailleur n'implique donc pas nécessairement une amélioration générale du tissu agricole : elle peut accompagner concentration des exploitations, départs d'agriculteurs et hausse de la productivité du travail. Inversement, un grand nombre de petites exploitations peut maintenir l'emploi rural tout en générant des revenus faibles. Là encore, l'indicateur utile dépend de la question posée.

Une chaîne de valeur est aussi une chaîne de pouvoir

La valeur n'est pas répartie uniquement par les coûts techniques. Elle dépend aussi de la capacité à négocier. Un producteur vend souvent un bien périssable, standardisé ou difficile à stocker face à des acheteurs moins nombreux, mieux capitalisés et capables de comparer plusieurs fournisseurs. Dans certaines filières, cette asymétrie peut réduire sa capacité à imposer ses conditions, même lorsque le produit agricole est indispensable à la chaîne.

Cela ne signifie pas que toute grande entreprise de transformation ou de distribution abuse nécessairement de sa position. La concentration peut produire des économies d'échelle, une logistique plus efficace, une meilleure capacité d'investissement ou une réduction de certains coûts. Mais la taille devient un problème lorsqu'elle permet de transférer unilatéralement délais de paiement, annulations, risques de mévente, promotions ou modifications contractuelles à un fournisseur qui ne dispose pas d'alternative crédible.

C'est précisément pour ces situations que l'Union européenne a adopté des règles contre certaines pratiques commerciales déloyales dans la chaîne agroalimentaire. Le fait même qu'un cadre juridique spécifique existe montre que la relation commerciale ne peut pas toujours être analysée comme un échange entre acteurs de puissance comparable. Mais il ne faut pas inverser l'erreur : l'existence de pratiques abusives documentées n'autorise pas à attribuer automatiquement chaque faible revenu agricole à la grande distribution ou à la transformation.

Le pouvoir économique peut également exister en amont. Semences, engrais, aliments du bétail, machines, génétique, logiciels, crédit ou services vétérinaires peuvent eux aussi être fournis par des acteurs concentrés. Une exploitation peut donc être prise entre des vendeurs d'intrants puissants et des acheteurs puissants. La question pertinente n'est plus seulement « à combien vend-elle ? », mais « quelle marge de manœuvre lui reste-t-il après avoir négocié des deux côtés ? ».

Le risque : celui qui le porte paie déjà

Une partie essentielle du coût agricole ne se lit pas dans les marges comptables : c'est le risque. L'agriculteur engage souvent des dépenses des mois avant de connaître son rendement ou son prix de vente. Il supporte météo, maladies, prix

des intrants, volatilité des marchés, taux d'intérêt et parfois changements réglementaires. Un transformateur supporte d'autres risques : disponibilité des volumes, qualité, investissements spécifiques, stockage. Un distributeur porte le risque commercial d'inventures, de concurrence et de variation de la demande. Une bonne analyse économique doit donc suivre non seulement les revenus moyens mais aussi la distribution des risques.

Le contrat est l'un des outils par lesquels ces risques sont répartis. Un prix fixe peut protéger le producteur contre une baisse tout en l'empêchant de bénéficier d'une hausse. Un contrat indexé peut partager certaines variations de coûts. Une intégration verticale peut fournir débouché, intrants et assistance technique mais réduire l'autonomie décisionnelle. Un marché spot donne davantage de liberté mais peut exposer à une forte volatilité. Aucun dispositif n'est avantageux sur toutes les dimensions.

Le risque peut aussi être transféré de manière moins visible. Des normes privées modifiées rapidement, des promotions imposées, des volumes garantis tardivement ou des délais de paiement allongés peuvent financer la flexibilité d'un acheteur par la trésorerie du fournisseur. Inversement, un fournisseur incapable de respecter qualité, volume ou calendrier peut déplacer son propre risque vers la transformation ou la distribution. Le problème n'est donc pas le transfert en soi, mais sa transparence, son consentement réel et la capacité de chaque partie à l'assumer.

Cette perspective transforme la notion de prix équitable. Un prix légèrement supérieur n'est pas forcément plus favorable s'il s'accompagne d'un risque beaucoup plus élevé, d'investissements obligatoires ou d'un contrat instable. À l'inverse, un prix plus bas mais prévisible et assorti d'un engagement de volume peut parfois sécuriser davantage un revenu. La valeur d'un débouché dépend aussi de la qualité du risque qu'il fait porter.

Subventionner quoi, et au bénéfice de qui ?

L'agriculture est largement soutenue par des politiques publiques. Dans les pays suivis par l'OCDE, les soutiens positifs à l'agriculture représentent plusieurs centaines de milliards de dollars par an. Mais parler des « subventions agricoles » comme d'un bloc homogène masque des mécanismes très différents : soutien des prix, paiements à l'hectare, aides couplées à certaines productions, assurances, investissements, mesures agroenvironnementales, infrastructures collectives, recherche ou soutien au revenu.

La première question n'est donc pas « faut-il subventionner ? », mais « quelle fonction publique cherche-t-on à financer ? ». Soutenir le revenu d'un agriculteur confronté à une forte volatilité n'a pas la même justification que rémunérer une réduction d'érosion, le maintien d'une prairie riche en biodiversité ou une infrastructure d'irrigation collective. Mélanger ces fonctions conduit à évaluer une politique avec le mauvais critère.

Il faut ensuite demander qui capte réellement l'aide. Un paiement attaché à la surface peut soutenir l'exploitant, mais une partie peut être capitalisée dans le fermage ou dans le prix du foncier. Les travaux du Joint Research Centre de la Commission européenne montrent que ce phénomène existe pour les paiements directs de la PAC, avec une ampleur variable selon les dispositifs et les contextes.

Une aide administrativement versée au producteur peut donc bénéficier partiellement au propriétaire du capital foncier.

D'autres fuites peuvent exister vers les fournisseurs lorsque l'aide stimule la demande de machines, bâtiments ou intrants. Cela ne signifie pas que l'aide serait inutile : une exploitation plus solvable peut légitimement investir. Mais l'évaluation doit suivre l'incidence économique réelle, pas seulement le nom inscrit sur le virement.

Cette distinction est particulièrement importante pour les paiements environnementaux. S'ils rémunèrent réellement une modification de pratique ou un résultat écologique vérifiable, ils peuvent acheter un bien public que le marché alimentaire ne paie pas spontanément. S'ils deviennent simplement une autre forme de revenu sans changement mesurable, leur justification environnementale s'affaiblit. À l'inverse, exiger un résultat coûteux sans rémunération suffisante revient à demander à l'agriculteur de financer seul une préférence collective.

Nourriture bon marché : qui règle la différence ?

La baisse du prix relatif des aliments a constitué un progrès majeur pour de nombreuses sociétés. Une nourriture abordable réduit la part du revenu consacrée à se nourrir et améliore l'accès à une alimentation suffisante. Il serait donc simpliste de présenter toute politique de bas prix comme une erreur. Mais un prix faible devient problématique lorsqu'il est obtenu en comprimant durablement un coût qui doit être payé quelque part.

Si un agriculteur travaille beaucoup pour un revenu inférieur aux alternatives accessibles, il paie une partie du système par son temps et son renoncement. Si une exploitation survit grâce au revenu extérieur d'un conjoint ou à un second emploi, une partie du coût de la production agricole est couverte hors de la ferme. Si des normes de bien-être ou d'environnement sont insuffisantes, une partie du prix bas peut être financée par une dégradation non comptabilisée. Si le contribuable verse des aides massives pour maintenir des prix de marché faibles, le consommateur paie moins à la caisse mais contribue ailleurs par l'impôt.

La nourriture bon marché n'est donc pas nécessairement réellement bon marché. Mais l'expression ne doit pas devenir rhétorique. Certains gains de productivité réduisent effectivement les coûts réels : mécanisation, sélection, irrigation bien conçue, organisation logistique ou progrès agronomique peuvent produire davantage avec moins de travail ou d'intrants par unité. Le défi est de distinguer baisse de coût véritable et déplacement du coût.

Cette distinction est également sociale. Augmenter brutalement le prix des aliments pour internaliser davantage de coûts peut pénaliser surtout les ménages pauvres. Une réforme cohérente ne peut donc pas demander au seul consommateur de financer la transition sans considérer revenu, fiscalité et politiques alimentaires. De même, imposer au seul agriculteur des normes croissantes sans mécanisme de rémunération peut fragiliser précisément ceux que la transition cherche à mobiliser.

Les coûts hors marché

L'économie agricole ne s'arrête pas aux transactions. Pollution de l'eau, émissions de gaz à effet de serre, érosion des sols, résistance aux antimicrobiens,

perte de biodiversité ou dégradation de certains paysages peuvent créer des coûts qui ne sont pas directement payés par celui qui les provoque. Inversement, stockage de carbone, maintien d'habitats, entretien de paysages, prévention des incendies, vitalité territoriale ou sécurité alimentaire peuvent produire des bénéfices peu rémunérés par le marché.

Ces externalités justifient une intervention publique possible, mais elles ne peuvent pas toutes être converties proprement en un prix unique. Certaines sont mesurables en coûts monétaires approximatifs ; d'autres renvoient à des valeurs écologiques, culturelles ou politiques hétérogènes. Les additionner dans un « vrai prix » unique peut donner une illusion de précision. Le traité conservera donc ces dimensions séparées chaque fois que leur agrégation masquerait les hypothèses de valeur utilisées.

Il faut aussi distinguer coût externe et simple préférence. Une pollution mesurable de l'eau impose un coût à d'autres acteurs. Le fait qu'une personne préfère un paysage avec davantage de haies relève d'une valeur collective qui peut néanmoins devenir un objectif public légitime. Dans les deux cas, une politique peut intervenir, mais la justification n'est pas identique.

Le même raisonnement vaut pour la sécurité alimentaire. Maintenir une capacité productive domestique peut être considéré comme une assurance collective contre certaines ruptures. Cette capacité a un coût même lorsqu'elle n'est pas utilisée au maximum. L'évaluer uniquement par le prix courant du marché mondial reviendrait à ignorer sa fonction d'assurance. Mais invoquer la souveraineté alimentaire ne justifie pas automatiquement n'importe quel niveau de soutien : il faut préciser le risque couvert et l'alternative.

Une agriculture viable ne signifie pas seulement une agriculture profitable

Le profit est indispensable à une activité économique durable. Une exploitation qui ne couvre pas ses coûts, ne rémunère pas son travail et ne peut pas renouveler son capital finit par disparaître ou dépendre entièrement de transferts. Il serait donc absurde d'opposer viabilité et profitabilité. Mais la viabilité est plus large.

Une ferme peut être profitable pendant quelques années tout en épuisant son sol, en accumulant une dette difficile à supporter, en dépendant d'un seul acheteur ou d'un intrant vulnérable, en transmettant mal son capital ou en reposant sur une quantité de travail humain que la génération suivante refuse d'assumer. À l'inverse, une ferme peu rentable aujourd'hui peut rendre des services territoriaux importants sans disposer d'un mécanisme de rémunération adapté.

Le chapitre 4 avait montré que travail, machines, énergie et capital composent déjà l'architecture productive. Ici, il faut ajouter leur traduction économique : qui possède la terre et les équipements ? quel niveau d'endettement est nécessaire ? quelle part du revenu rémunère réellement le travail ? quelle marge de manœuvre existe face à un choc de prix ? peut-on changer de débouché, de culture ou de système sans détruire la valeur du capital immobilisé ?

Cela conduit à une définition plus exigeante de la viabilité économique : capacité à rémunérer durablement le travail et le capital nécessaires, absorber des chocs raisonnables, renouveler les moyens de production, conserver une marge

d'autonomie et respecter les contraintes écologiques et sociales retenues. Cette définition n'est pas un indicateur unique. Elle oblige à maintenir visibles plusieurs dimensions qui peuvent entrer en tension.

Le système alimentaire doit donc être lu comme une architecture de paiements explicites et implicites. Le consommateur paie le prix de détail. Le contribuable finance certaines politiques. L'agriculteur engage capital et travail et supporte une partie du risque biologique et marchand. Les travailleurs peuvent supporter certaines formes de pénibilité. Les propriétaires fonciers captent une partie des rentes liées à la terre. Les transformateurs et distributeurs assument d'autres investissements et risques. Les écosystèmes peuvent recevoir des pressions ou fournir des services sans transaction. Aucun de ces flux n'est automatiquement injuste ou légitime : ils doivent être rendus visibles avant jugement.

Le résultat le plus important est alors moins spectaculaire qu'une dénonciation : une agriculture soutenable exige une répartition explicite des coûts de ce que la société demande. Si elle veut des aliments abondants, des prix accessibles, des agriculteurs correctement rémunérés, davantage de biodiversité, moins d'émissions, un meilleur bien-être animal et une résilience accrue, ces objectifs ont des coûts parfois compatibles, parfois contradictoires. Les cacher dans la dette des exploitants, le travail non rémunéré, les externalités ou les subventions mal conçues ne les fait pas disparaître.

La question « qui paie l'agriculture ? » reçoit donc une réponse plurielle : tout le monde paie déjà, mais pas de la même manière, pas au même moment et pas avec la même visibilité. Le problème politique est de décider quels coûts doivent rester privés, lesquels doivent être mutualisés, quels services doivent être rémunérés et quelles formes de pouvoir de marché doivent être limitées.

Le chapitre suivant déplacera cette analyse vers l'espace : territoires, commerce et souveraineté alimentaire. Une fois compris qui paie et qui porte le risque, il devient possible de demander jusqu'où une région doit chercher l'autonomie, ce qu'elle gagne à échanger, et quelles dépendances elle accepte de conserver.

CHAPITRE 10 — TERRITOIRES, COMMERCE ET SOUVERAINETÉ ALIMENTAIRE

La souveraineté n'est pas l'autarcie

Parler de souveraineté alimentaire invite facilement à une image simple : produire chez soi ce que l'on consomme, réduire les importations et dépendre le moins possible de l'extérieur. Cette image contient une intuition légitime — un système incapable de nourrir sa population sans flux extérieurs fragiles possède une vulnérabilité réelle — mais elle devient trompeuse dès qu'elle transforme autonomie et fermeture en synonymes.

Aucun territoire n'est également adapté à toutes les productions. Les climats, les sols, l'eau, les saisons, les surfaces disponibles et les infrastructures diffèrent. Certaines régions peuvent produire efficacement des céréales, d'autres des fruits, d'autres encore des produits d'élevage ou des cultures tropicales qui seraient absurdes à reproduire artificiellement sous des climats incompatibles. Le commerce permet donc de mettre en relation des territoires aux capacités différentes. Il peut réduire certains gaspillages physiques, élargir la diversité alimentaire et offrir des débouchés à des régions productrices.

Surtout, le commerce peut protéger contre certains chocs locaux. Une sécheresse, une maladie végétale, une inondation ou une mauvaise récolte ne frappe pas nécessairement tous les bassins de production au même moment. Un territoire qui dépend exclusivement de sa propre récolte peut ainsi être plus exposé à son propre climat qu'un territoire relié à plusieurs régions productrices indépendantes. Cette mutualisation ne rend pas le commerce infaillible ; elle montre seulement que l'autonomie maximale n'est pas automatiquement la résilience maximale.

La première distinction du chapitre est donc décisive. L'autarcie cherche à réduire fortement ou supprimer les échanges. L'autonomie décrit une capacité propre à assurer certaines fonctions sans dépendre entièrement d'un acteur extérieur. La sécurité alimentaire décrit un résultat : une alimentation disponible, accessible, adéquate et suffisamment stable. La souveraineté alimentaire, enfin, renvoie ici à une capacité collective de choix sur l'organisation du système alimentaire. Ces notions se recouvrent partiellement mais ne se confondent pas.

Une politique peut augmenter la production domestique sans améliorer l'accès des ménages pauvres à l'alimentation. Un pays peut importer beaucoup tout en disposant de multiples fournisseurs, de revenus solides, de stocks et de moyens de substitution. Un autre peut être largement excédentaire en céréales tout en dépendant d'engrais, d'énergie, de semences, de machines ou de ports extérieurs. Un taux d'auto-approvisionnement ne suffit donc jamais à décrire une souveraineté réelle.

Le commerce comme assurance contre certains chocs

Le commerce alimentaire n'est pas un simple supplément ajouté à des systèmes nationaux qui seraient, par nature, autonomes. Il fait partie de l'architecture alimentaire contemporaine. Une part importante des calories consommées franchit au moins une frontière. Des pays structurellement déficitaires utilisent les importations pour couvrir leurs besoins ; des régions excédentaires utilisent les exportations pour écouler leur production et financer d'autres achats.

Cette circulation peut servir d'assurance. Si plusieurs régions productrices sont soumises à des aléas imparfaitement corrélés, l'accès à plusieurs origines réduit la dépendance à une seule récolte. Le même principe vaut pour certains intrants. Plusieurs fournisseurs réellement indépendants peuvent réduire le risque qu'une panne, une décision politique ou une catastrophe locale bloque l'ensemble d'une chaîne.

Mais ce mécanisme ne fonctionne que si les flux restent possibles. Des denrées disponibles à l'échelle mondiale ne nourrissent pas automatiquement un territoire si les ports sont bloqués, les transports interrompus, les devises insuffisantes ou les exportations interdites. Le commerce mutualise certains risques tout en créant des points de dépendance nouveaux : corridors maritimes, terminaux portuaires, infrastructures frigorifiques, systèmes de paiement, assurances, réseaux énergétiques, règles commerciales et stabilité politique.

Il faut donc résister à deux simplifications opposées. La première affirme que l'ouverture commerciale garantit la sécurité parce que le marché trouvera toujours une autre source. La seconde affirme que toute importation constitue une faiblesse. Dans le premier cas, on ignore les ruptures systémiques et les concentrations de fournisseurs ; dans le second, on détruit potentiellement une diversification utile.

Le bon diagnostic demande une cartographie plus précise. Pour chaque ressource importante, combien de fournisseurs réellement substituables existent ? Sont-ils exposés aux mêmes risques climatiques ou géopolitiques ? Combien de temps faudrait-il pour changer d'origine ? Quels ports, usines ou routes sont indispensables ? Les produits peuvent-ils être remplacés par d'autres ? La consommation elle-même peut-elle s'adapter ? Une dépendance n'est pas critique parce qu'elle vient de l'extérieur ; elle le devient lorsque la rupture d'un flux essentiel ne peut être compensée assez vite.

Quand l'interdépendance devient dépendance critique

Toute économie complexe est interdépendante. Le problème commence lorsque certaines interdépendances deviennent asymétriques, concentrées et difficilement substituables. Un pays peut importer une grande quantité d'un produit banal auprès de dizaines de fournisseurs sans être prisonnier d'aucun. À l'inverse, une faible quantité d'un intrant indispensable peut suffire à fragiliser toute une filière si elle provient de quelques sources et n'a pas de substitut immédiat.

L'agriculture montre clairement ce problème. La production alimentaire ne dépend pas seulement des aliments eux-mêmes. Elle dépend de l'énergie, des engrais, des produits phytosanitaires, des semences, du machinisme, des pièces détachées, des aliments du bétail, des services vétérinaires, de l'irrigation, du

stockage et de la transformation. Une dépendance invisible en année normale peut devenir centrale lorsqu'elle se rompt.

Le cas européen des engrais l'illustre. L'Union européenne reste dépendante d'importations importantes d'engrais azotés, phosphatés et potassiques. Même la production azotée domestique dépend du gaz naturel, qui constitue à la fois une source d'énergie et une matière première essentielle. La question de souveraineté ne peut donc pas être ramenée à « fabriquons-nous nos engrais ? ». Il faut demander de quoi dépend leur fabrication, quelles alternatives existent, combien de temps une réduction d'usage peut être absorbée et quelles pratiques agronomiques peuvent diminuer la dépendance sans provoquer une chute incontrôlée de production.

Les protéines végétales destinées à l'alimentation animale montrent une autre forme de dépendance. Une région peut être autosuffisante en fourrages et déficitaire en matières riches en protéines. Ce déficit peut être compensé par importation, par changement des rations, par développement de cultures protéiques, par réduction de certains élevages ou par utilisation différente de coproduits. Ici encore, la vulnérabilité dépend moins du caractère étranger du produit que des possibilités de substitution.

La même logique vaut pour la concentration des infrastructures. Une production abondante ne protège pas si elle dépend d'un nombre très réduit d'abattoirs, de moulins, de silos, de terminaux portuaires ou d'usines d'aliments. Une infrastructure unique peut devenir le point de rupture d'un territoire entier. L'efficacité obtenue par concentration doit donc être comparée à la perte de capacité de repli.

Une dépendance critique doit ainsi être définie par plusieurs dimensions : part importée, concentration des fournisseurs, importance de la ressource, délai nécessaire à une alternative, capacité de stockage, possibilité de réduire la demande, vulnérabilité des infrastructures et conséquences d'une rupture. Aucun taux unique ne résume cette architecture.

Produire, stocker, transformer, transporter : les capacités qui comptent réellement

Un territoire n'est pas résilient parce qu'il possède des terres. Il doit aussi être capable de transformer une production en alimentation accessible. Une tonne de blé n'est pas encore du pain ; un animal élevé n'est pas encore une viande disponible ; une récolte de fruits n'est pas durable si le froid, l'emballage ou le transport disparaissent.

La sécurité alimentaire est donc une chaîne de capacités. Il faut produire, mais aussi sécher, stocker, moudre, abattre, transformer, refroidir, transporter, distribuer et payer. Chacune de ces étapes peut devenir limitante. La résilience du champ ne compense pas automatiquement la fragilité du silo ou du réseau électrique.

Les stocks jouent ici un rôle particulier. Ils achètent du temps. Lorsqu'un approvisionnement s'interrompt, une réserve peut permettre de chercher un nouveau fournisseur, relancer une production, modifier une ration ou organiser une réponse sociale. Mais le stock n'annule pas le problème : il le diffère. Son utilité

dépend de sa taille, de sa localisation, de la durée de conservation, du renouvellement, des pertes, du financement et des règles d'accès.

Tous les stocks n'ont pas la même fonction. Les entreprises disposent de stocks commerciaux destinés à leur activité normale. Les États peuvent maintenir des réserves stratégiques. Des réserves d'urgence peuvent être destinées à protéger certaines populations pendant un choc. D'autres dispositifs cherchent à stabiliser durablement les prix par achat et vente publics. Ces architectures ont des coûts et des effets différents.

Un gigantesque stock permanent n'est pas automatiquement préférable. Immobiliser des volumes importants coûte du capital, nécessite des infrastructures et expose à des pertes ou à des erreurs de gestion. À l'inverse, des stocks trop faibles laissent trop peu de temps pour s'adapter. Le bon niveau dépend du produit, du choc anticipé, du délai nécessaire à une solution de remplacement et de l'échelle à laquelle la réserve doit intervenir.

La géographie du stock compte autant que son volume. Des céréales disponibles à l'autre bout du monde ne constituent pas une réserve pour un pays qui ne peut plus les acheter ou les transporter. Un ratio mondial confortable décrit l'abondance globale ; il ne garantit ni l'accès économique, ni l'accès logistique, ni la volonté politique de vendre.

La redondance d'infrastructure pose un arbitrage comparable. Maintenir plusieurs silos, abattoirs, fournisseurs ou routes logistiques peut sembler moins efficace qu'une concentration maximale. Pourtant, cette capacité inutilisée en temps normal devient une assurance pendant une crise. Un système entièrement optimisé pour réduire les coûts moyens peut perdre toute flexibilité lorsqu'un maillon unique casse.

L'autonomie doit être mesurée par fonctions, pas par slogan

La question « sommes-nous autosuffisants ? » est trop pauvre. Autosuffisants en quoi ? Pour quelle durée ? Avec quels intrants ? Sous quel type de choc ? À quel niveau de consommation ?

Une analyse pertinente doit distinguer les fonctions essentielles. Un territoire peut produire assez de calories mais manquer d'huiles, de protéines, de fruits ou de certains micronutriments. Il peut disposer d'une production végétale abondante tout en important les engrais et l'énergie nécessaires à son maintien. Il peut être autosuffisant en année moyenne mais incapable d'encaisser deux mauvaises campagnes successives.

Cette approche fonctionnelle modifie la politique. L'objectif n'est plus nécessairement de produire domestiquement chaque produit aujourd'hui importé. Il peut être plus efficace de réduire une dépendance à un intrant, de développer un substitut, de conserver une capacité de production dormante, de diversifier les fournisseurs, d'améliorer les stocks ou de rendre les régimes alimentaires plus adaptables.

La relocalisation devient ainsi un outil et non une valeur absolue. Produire localement peut réduire certains risques : dépendance à une origine unique, transport très long, fragilité géopolitique ou disparition de compétences

domestiques. Mais relocaliser peut aussi concentrer le risque climatique dans une seule région, augmenter l'utilisation d'eau ou d'énergie et renchérir fortement l'alimentation. La proximité géographique ne garantit ni soutenabilité ni résilience.

Les simulations économiques qui testent une relocalisation généralisée des chaînes montrent précisément ce danger. Réduire massivement les échanges peut augmenter les coûts et parfois la volatilité plutôt que la diminuer. Cela ne prouve pas que toute relocalisation soit mauvaise ; cela montre qu'une politique universelle de fermeture est trop grossière pour une architecture de risques aussi différenciée.

Une stratégie robuste utilise plusieurs leviers ensemble : capacités domestiques pour certaines fonctions critiques, diversification géographique pour éviter la concentration, stocks ciblés, infrastructures redondantes, possibilités techniques de substitution, circularité des nutriments, baisse de dépendance à certains intrants et coopération internationale. La résilience n'est pas la victoire du local sur le mondial. C'est la multiplication raisonnée des chemins permettant de maintenir une fonction essentielle.

Fermer les frontières peut déplacer la crise

La souveraineté possède aussi une dimension difficile : la décision d'un pays modifie les conditions des autres. Lorsqu'une crise alimentaire apparaît, limiter les exportations peut sembler rationnel. Le gouvernement cherche à protéger son marché intérieur, stabiliser les prix et réserver les stocks à sa population. Cette décision peut effectivement offrir un soulagement local à court terme.

Mais plusieurs décisions similaires prises simultanément peuvent amplifier la crise mondiale. L'offre disponible pour les importateurs se réduit, les anticipations changent, les prix montent et les pays les plus dépendants se retrouvent exposés à une pénurie qu'ils n'ont pas créée. Une politique rationnelle à l'échelle nationale peut devenir destructrice à l'échelle du système.

Les crises alimentaires récentes ont montré ce mécanisme. Les restrictions sur les céréales, les huiles ou les engrais ne sont pas seules responsables des hausses de prix, mais elles peuvent aggraver des tensions déjà produites par mauvaises récoltes, guerre, énergie chère ou perturbations logistiques. Le chapitre doit donc refuser une lecture morale simpliste. Un gouvernement chargé de nourrir sa propre population peut avoir des raisons puissantes de restreindre un flux. Pourtant, ces raisons n'effacent pas les conséquences sur des pays moins capables de se protéger.

Cette tension révèle la limite d'une souveraineté définie comme pouvoir pur. Avoir le pouvoir de fermer un marché ne dit rien de la justice, de l'efficacité ou des effets systémiques de cette décision. La capacité de choisir doit être distinguée de la qualité du choix.

Le même problème apparaît avec les politiques de soutien domestique. Un territoire peut chercher à sécuriser une filière stratégique par subvention, stockage ou protection temporaire. Selon sa conception, cette politique peut maintenir une capacité utile ou simplement transférer des coûts vers les consommateurs, les contribuables ou les producteurs étrangers. La souveraineté n'abolit donc pas la nécessité d'évaluer les conséquences extraterritoriales.

La coopération internationale n'est pas l'opposé de la souveraineté. Elle peut justement empêcher que des décisions prises dans l'urgence se renforcent mutuellement jusqu'à produire une crise plus grave. Des règles de transparence, des engagements sur les restrictions à l'exportation, une information rapide sur les stocks et une coordination logistique peuvent augmenter la sécurité de tous sans supprimer la capacité nationale de décision.

Une souveraineté alimentaire robuste est une capacité de choix sous contrainte

Au terme de ce parcours, la souveraineté alimentaire ne peut être identifiée ni à une frontière fermée, ni à un pourcentage d'autosuffisance, ni à une confiance abstraite dans le commerce mondial. Elle décrit plutôt une architecture de capacités permettant de continuer à choisir lorsque les conditions se dégradent.

Un territoire souverain au sens opérationnel du terme possède plusieurs options. Il peut produire une partie des biens essentiels. Il peut importer depuis plusieurs origines. Il sait quels intrants sont réellement critiques. Il peut stocker certains produits. Il dispose d'infrastructures de transformation et de distribution. Il peut réduire temporairement certaines consommations ou substituer certains produits. Il conserve des compétences, des capacités de production et des institutions capables d'organiser une réponse. Enfin, il participe à des réseaux plus larges qui lui permettent de mutualiser les risques plutôt que de les concentrer sur son propre territoire.

Cette souveraineté ne doit pas être confondue avec le droit à l'alimentation. Un État peut avoir une grande capacité agricole et laisser une partie de sa population sans accès économique à une alimentation adéquate. Le droit à l'alimentation ajoute des exigences de disponibilité, d'accessibilité, d'adéquation, de non-discrimination, de participation et de responsabilité publique. La souveraineté décrit une capacité collective de décision ; elle ne garantit pas à elle seule que cette capacité sera utilisée équitablement.

Elle ne doit pas davantage être séparée de la gouvernance. Choisir quelles dépendances sont acceptables, quelles productions méritent d'être conservées, quels stocks doivent être financés et combien de redondance la société accepte de payer sont des décisions politiques. Les données peuvent identifier les vulnérabilités et estimer des coûts. Elles ne déterminent pas automatiquement le niveau de risque qu'une société doit accepter.

La définition de travail qui en résulte reste volontairement limitée : une souveraineté alimentaire robuste est la capacité de conserver des choix réels lorsqu'une interdépendance particulière se rompt. Elle ne signifie pas absence d'interdépendance. Elle signifie absence de captivité.

Cette formulation oblige à regarder le territoire comme un système ouvert. Il ne s'agit plus de choisir entre le village autosuffisant et le marché mondial. Il s'agit d'articuler plusieurs échelles. Certaines capacités gagnent à être proches : connaissances locales, distribution d'urgence, diversité des exploitations, infrastructures de proximité. D'autres sont plus robustes à l'échelle régionale, nationale ou internationale : grands bassins céréaliers, engrais, ressources génétiques, équipements complexes, surveillance sanitaire ou corridors logistiques.

L'échelle pertinente suit donc la fonction. La commune, la région, l'État, l'union économique et le monde ne sont pas des adversaires hiérarchiques ; ce sont des niveaux différents d'une même architecture alimentaire. La résilience dépend de leur articulation et de la possibilité de passer d'un niveau à un autre lorsque l'un d'eux échoue.

La question finale n'est ainsi plus : « pouvons-nous tout produire nous-mêmes ? ». Elle devient : « quelles fonctions devons-nous absolument maintenir, quelles dépendances acceptons-nous, lesquelles voulons-nous réduire, et de combien d'options disposons-nous lorsqu'un choc rend notre organisation normale impossible ? »

Cette question prépare directement le chapitre suivant. Car les fonctions à maintenir dépendent aussi de ce que nous choisissons de manger. Les régimes alimentaires ne sont pas un simple résultat passif de l'agriculture : ils déterminent les surfaces, les élevages, les importations, les transformations et les dépendances que le système doit organiser.

CHAPITRE II — CE QUE NOUS MANGEONS TRANSFORME CE QUE NOUS CULTIVONS

Une assiette commence bien avant la cuisine

Lorsque nous regardons un repas, nous voyons des aliments. L'agriculture, elle, voit des surfaces, des rotations, des animaux, des bâtiments, des semences, des engrais, de l'eau, du travail, des machines, des contrats et des débouchés. Entre les deux se trouvent des chaînes de transformation, des marchés, des réseaux logistiques, des habitudes et des règles collectives. Ce qui est finalement mangé n'est donc que l'extrémité visible d'un système beaucoup plus long.

Il est tentant de résumer ce système par une phrase simple : les consommateurs demandent, les producteurs produisent. Cette représentation est utile seulement jusqu'à un certain point. Elle rappelle que l'agriculture n'est pas indépendante des débouchés. Mais elle devient trompeuse dès qu'elle fait du consommateur un souverain isolé qui choisirait librement parmi toutes les possibilités et transmettrait ensuite ses préférences au reste de la chaîne.

La demande alimentaire observée est déjà façonnée. Elle dépend des revenus, des prix relatifs, des produits disponibles, des infrastructures commerciales, du temps disponible pour cuisiner, des habitudes culturelles, de la restauration collective, du marketing, des politiques publiques, de l'organisation des villes et de l'histoire technique des filières. Elle dépend aussi de ce qui est déjà facile à produire, transformer et distribuer. Autrement dit, la demande agit sur la production, mais la production et l'organisation du système agissent aussi sur la demande.

Cette boucle explique pourquoi une modification de régime ne se traduit jamais mécaniquement par une modification identique des surfaces. Entre une préférence alimentaire et un champ se trouvent des marchés, des contrats, des stocks, des exportations, des substitutions, des rendements, des transformations et des usages concurrents. Il faut donc suivre le chemin des matières plutôt que raconter une histoire linéaire.

Les céréales illustrent cette complexité. Elles ne servent pas seulement à nourrir directement des humains. Une partie est utilisée comme aliment pour animaux, une autre pour l'industrie, l'amidon, les boissons, les biocarburants ou les semences. Les projections OCDE-FAO pour 2035 indiquent qu'environ 40 % des céréales mondiales devraient être consommées directement par les humains et environ 34 % utilisées pour l'alimentation animale. Ces proportions sont mondiales et agrégées : elles ne décrivent ni une céréale particulière, ni une région particulière, ni une ferme particulière. Elles suffisent cependant à montrer qu'une part importante de la demande agricole est intermédiaire. Une assiette de viande, d'œufs ou de produits laitiers peut ainsi se traduire en demande de cultures qui n'apparaissent jamais dans l'assiette finale.

Mais même cette formulation doit être maniée avec précaution. Tous les animaux ne mangent pas les mêmes ressources. Tous les systèmes d'élevage ne concurrencent pas de la même manière l'alimentation humaine. Un bovin au pâturage, un porc nourri de céréales et de coproduits, une volaille à ration concentrée et un troupeau valorisant des résidus agricoles ne traduisent pas une même demande de produits animaux en une même demande de cultures. Le présent chapitre ne refait pas l'analyse des systèmes d'élevage ; il en tire une conséquence : la demande finale ne détermine pas seulement combien produire, mais aussi quelles architectures de production deviennent économiquement viables.

Ce que nous mangeons n'est pas seulement ce que nous choisissons

Parler de « choix alimentaire » sans parler de prix revient à ignorer une partie essentielle de la réalité. Une préférence qui n'est pas financièrement accessible n'est pas une demande effective. Une nourriture disponible mais inaccessible physiquement n'est pas une option réelle. Une alternative théorique absente des commerces, de la restauration ou des cantines ne pèse presque rien dans la formation de la demande.

Les rapports récents de la FAO montrent qu'une part très importante de la population mondiale ne peut toujours pas se permettre un régime considéré comme sain selon les critères retenus par l'organisation. En 2025, l'ordre de grandeur était d'environ 2,69 milliards de personnes. Ce chiffre n'autorise aucune prescription alimentaire individuelle dans ce traité. Il montre autre chose : ce que les populations consomment révèle autant leurs contraintes économiques que leurs préférences.

Cette distinction est cruciale pour comprendre l'agriculture. Si les aliments qui apportent certaines qualités recherchées coûtent davantage que des alternatives plus simples, la structure de la demande reflétera cette différence de prix. Les producteurs ne reçoivent alors pas un signal abstrait sur ce que les gens « voudraient » manger, mais un signal sur ce qu'ils achètent effectivement dans un environnement économique donné.

Les revenus jouent le même rôle. Lorsqu'un revenu augmente, la demande ne croît pas uniformément pour tous les produits. Dans de nombreuses régions, la hausse du revenu s'accompagne d'une diversification du régime et d'une augmentation de la consommation de certains produits animaux, huiles, fruits ou produits transformés. Dans d'autres contextes, des tendances différentes apparaissent : stabilisation ou diminution de certaines consommations, substitution entre catégories, recherche de praticité ou de qualité. Là encore, il n'existe pas une seule loi de transition alimentaire applicable partout.

Il faut également distinguer préférence, achat, acquisition, disponibilité et ingestion. Les statistiques alimentaires ne mesurent pas toutes la même chose. Une donnée nationale de disponibilité décrit ce qui est disponible dans le système après prise en compte de la production, des échanges et de certains usages. Une enquête de ménage peut mesurer ce qui a été acheté ou acquis. La consommation dite apparente ne correspond pas nécessairement à ce qu'un individu a réellement ingéré. Entre l'achat et l'ingestion peuvent intervenir partage au sein du ménage, stockage, pertes et gaspillage.

Cette précision statistique n'est pas secondaire. Si l'on veut relier demande et agriculture, il faut savoir quel objet est réellement mesuré. Une hausse d'achats peut refléter davantage d'ingestion, mais aussi davantage de gaspillage ou de constitution de stocks domestiques. Une baisse de disponibilité moyenne ne dit pas qui consomme moins. Un changement observé dans les achats n'identifie pas à lui seul la préférence qui l'a provoqué.

Le système alimentaire peut d'ailleurs modifier les conditions mêmes du choix. Une implantation commerciale dense, une chaîne du froid fiable, une restauration collective organisée, des formats de portions, des promotions, une fiscalité ou des achats publics modifient ce qui est visible, pratique et abordable. Cela ne signifie pas que les individus sont dépourvus d'agence. Cela signifie que leur agence s'exerce dans un environnement structuré.

Le chapitre doit donc résister à deux morales symétriques. La première consiste à accuser les consommateurs : si l'agriculture produit mal, ce serait parce que les gens achètent mal. La seconde consiste à nier tout effet des choix individuels et collectifs sur la production. Les deux simplifient abusivement la boucle. Les consommateurs, les producteurs, les industriels, les distributeurs et les pouvoirs publics disposent tous de marges de décision, mais aucune de ces marges n'est totale.

La culture alimentaire rend aussi la demande moins substituable

Les habitudes alimentaires ne sont pas de simples préférences instantanées. Elles s'apprennent tôt, se répètent dans les familles, s'organisent autour de recettes, d'horaires, de fêtes, de lieux de consommation et de savoir-faire culinaires. Un aliment peut donc rester demandé même lorsqu'un substitut fournit des fonctions nutritionnelles proches, simplement parce qu'il ne remplit pas la même fonction sociale, gustative ou pratique. À l'inverse, un produit techniquement disponible peut rester marginal s'il ne s'intègre pas aux manières de cuisiner, aux équipements domestiques ou aux formes de repas ordinaires.

Le plaisir compte dans cette inertie. Goût, texture, odeur, familiarité et plaisir partagé donnent aux aliments une valeur qui n'est pas réductible à leur composition nutritionnelle. Cette valeur n'autorise aucune conclusion morale automatique : elle explique seulement pourquoi une transition alimentaire ne se comporte pas comme le remplacement d'un composant industriel par un autre. Une substitution peut être matériellement possible et socialement lente, ou réussir dans une préparation précise tout en échouant dans une autre.

Les aliments peuvent aussi porter une fonction d'identité. Une cuisine familiale, régionale ou nationale relie parfois des produits à des souvenirs, des saisons, des métiers, des paysages ou des rites collectifs. Certaines pratiques religieuses ajoutent des prescriptions, interdits, calendriers ou modes de préparation qui structurent réellement la demande pour les personnes concernées. Il serait faux d'en faire une cause universelle du comportement alimentaire ; il serait tout aussi faux de traiter ces contraintes comme si elles disparaissaient dès qu'une alternative moins coûteuse ou moins consommatrice de ressources existe.

Cette dimension culturelle ne rend pas les régimes immuables. Les cuisines changent continuellement : de nouveaux ingrédients sont incorporés, des plats se

transforment, des techniques se diffusent et des pratiques autrefois exceptionnelles deviennent ordinaires. Mais cette évolution demande du temps, de l'apprentissage, des produits disponibles et souvent des médiations collectives. Une politique peut modifier les prix beaucoup plus vite qu'elle ne modifie les compétences culinaires ou les habitudes d'un ménage.

L'inertie alimentaire possède donc plusieurs sources : prix, accessibilité, équipement, temps, compétence, familiarité, plaisir, identité et parfois norme religieuse ou sociale. Elles ne doivent pas être additionnées en un score de « résistance au changement ». Elles servent à comprendre pourquoi deux populations disposant théoriquement des mêmes substituts peuvent réagir très différemment à une variation de prix, à une innovation alimentaire ou à une politique publique.

Pour l'agriculture, la conséquence est importante. Un scénario qui suppose qu'une population remplace rapidement un produit par un autre ne décrit pas seulement un changement de demande ; il suppose aussi une transformation de pratiques quotidiennes. Plus cette transformation exige de modifier cuisine, organisation domestique, goûts acquis ou significations collectives, plus la vitesse d'ajustement doit être traitée comme une hypothèse plutôt que comme un résultat automatique. La culture ne décide pas seule de ce que nous mangeons, mais elle fait partie des mécanismes qui rendent la demande plus ou moins flexible.

Nourrir des animaux transforme la demande de cultures

La demande de produits animaux relie de manière particulièrement visible l'assiette humaine aux cultures intermédiaires. Une hausse de consommation de viande, d'œufs ou de produits laitiers peut accroître la demande de céréales, de fourrages, de protéagineux, de tourteaux et de coproduits. Mais l'ampleur et la nature de cette transmission dépendent de l'espèce, du système d'élevage, du territoire et du coût relatif des aliments.

Les oléagineux montrent bien pourquoi les raccourcis sont dangereux. Le soja, le colza ou d'autres graines ne sont pas cultivés pour un seul produit final. Leur trituration produit simultanément des huiles et des tourteaux protéiques. L'huile peut être destinée à l'alimentation humaine ou à d'autres usages ; le tourteau est largement utilisé pour nourrir les animaux. Il serait donc arbitraire d'attribuer toute la surface de culture au seul élevage ou, inversement, à la seule demande d'huile. Une même culture répond à plusieurs débouchés liés entre eux.

Les évolutions régionales montrent également qu'un même produit agricole peut suivre des trajectoires très différentes. Les projections OCDE-FAO indiquent un ralentissement attendu de la demande de tourteaux en Chine, notamment sous l'effet d'améliorations de l'efficacité alimentaire et de modifications des rations ; un recul relatif dans l'Union européenne ; et une progression dans plusieurs pays d'Asie du Sud-Est où l'élevage continue de croître. Une moyenne mondiale ne permet donc pas de déduire ce qui se passe dans chaque territoire.

Cette géographie de la demande importe parce qu'elle transforme aussi le commerce et l'usage des terres. Une hausse de demande de protéines végétales peut se traduire par davantage de production locale, davantage d'importations, une substitution entre matières premières ou une amélioration de l'efficacité

alimentaire. Une baisse peut réduire certaines surfaces, mais elle peut aussi déplacer les cultures vers d'autres marchés. La relation entre régime et terre est donc médiée par l'économie.

Il faut en outre distinguer les ressources directement comestibles par les humains des ressources qui ne le sont pas ou qui ont une faible valeur alimentaire directe. Un pâturage permanent, un résidu de récolte ou un coproduit ne porte pas le même coût d'opportunité qu'une céréale panifiable cultivée sur une terre arable productive. Réduire toute alimentation animale à une compétition directe avec l'alimentation humaine serait donc faux. Mais nier toute compétition le serait aussi. Le problème doit être posé ressource par ressource.

Cette distinction donne une autre manière d'interpréter le régime alimentaire : non comme une simple liste de produits finaux, mais comme un ensemble de chaînes de biomasse. Deux régimes fournissant des quantités comparables de nourriture peuvent demander des combinaisons très différentes de terres cultivées, pâturages, fourrages, huiles, tourteaux, énergie et eau. La demande finale oriente donc des architectures matérielles différentes.

Transformer les aliments transforme aussi l'agriculture

La transformation alimentaire modifie elle aussi les signaux adressés à l'agriculture. Une industrie ne demande pas seulement « du blé », « des pommes de terre » ou « du lait ». Elle peut demander une teneur en protéines particulière, une variété adaptée à un procédé, une taille calibrée, une composition régulière, une matière première capable de supporter stockage et transport, ou encore une livraison continue tout au long de l'année.

Ces exigences peuvent orienter les variétés cultivées, les calendriers, les pratiques de stockage, les investissements et les contrats. Une chaîne industrielle stable peut créer un débouché suffisamment sûr pour justifier une spécialisation agricole. À l'inverse, une agriculture abondante dans une matière première peut encourager la création d'industries capables de la transformer. La causalité est donc bidirectionnelle.

Les chaînes de transformation créent également des coproduits. La meunerie ne produit pas seulement de la farine ; elle génère des sons et autres fractions. La trituration des oléagineux produit huiles et tourteaux. L'industrie laitière sépare et recombine matières grasses, protéines et lactosérum. La transformation de pommes de terre, de betteraves ou de céréales génère des fractions pouvant revenir vers l'alimentation animale, l'énergie ou d'autres usages. Suivre uniquement le produit visible au supermarché masque ces flux.

Cette logique explique pourquoi le degré de transformation peut modifier l'agriculture sans qu'il soit possible d'en tirer une conclusion morale automatique. La transformation peut allonger la durée de conservation, réduire certaines pertes, faciliter le transport, rendre un produit accessible toute l'année ou valoriser des matières autrement peu utilisées. Elle peut aussi favoriser des chaînes très standardisées, renforcer la dépendance à certains ingrédients et homogénéiser les demandes de qualité. Ce sont des effets différents qu'il faut examiner séparément.

L'industrialisation alimentaire peut enfin modifier les volumes de certaines matières premières en jouant sur les formulations. Lorsqu'un ingrédient devient

coûteux, il peut être partiellement remplacé par un autre si la technique et la réglementation le permettent. Une hausse du prix d'une huile, d'un amidon ou d'une protéine peut ainsi déplacer la demande vers un autre produit agricole. Le champ répond alors non seulement au goût final du consommateur, mais aussi aux décisions de formulation prises au milieu de la chaîne.

Il serait toutefois simpliste de présenter « l'industrie » comme une entité unique imposant ses choix aux producteurs. Les industriels répondent eux aussi aux coûts, à la concurrence, aux normes, aux préférences des clients et aux disponibilités agricoles. Ils disposent parfois d'un pouvoir de négociation important, mais ils ne contrôlent pas davantage l'ensemble du système que les autres acteurs. Le mécanisme pertinent est celui des boucles de dépendance et de rétroaction.

Produire pour perdre : la demande fantôme du gaspillage

Toute production agricole n'aboutit pas à une consommation. Une partie est perdue après récolte, au stockage, pendant le transport ou la transformation. Une autre est gaspillée au détail, dans la restauration ou dans les ménages. Ces volumes ont pourtant mobilisé de la terre, de l'eau, de l'énergie, du travail, du capital et des intrants. Ils constituent en ce sens une demande agricole sans consommation finale.

La FAO estime qu'environ 13,2 % des aliments sont perdus entre l'après-récolte et le stade précédant le détail. L'UNEP estime séparément qu'environ 19 % de la nourriture disponible au détail, dans la restauration et dans les ménages a été gaspillée en 2022. Ces deux nombres ne doivent pas être additionnés comme s'ils partageaient le même dénominateur et la même frontière. Ils décrivent des étapes différentes. Leur intérêt ici est de montrer que le système produit une quantité importante de nourriture qui n'atteint jamais l'usage alimentaire final.

Réduire ces pertes peut améliorer l'efficacité du système, mais il serait faux d'en déduire une baisse équivalente et immédiate de production. Si une chaîne perd moins après récolte, davantage de produit arrive sur le marché. Cela peut accroître les revenus du producteur si la perte évitée représentait un manque à gagner important. Mais une offre plus abondante peut aussi faire baisser le prix. À moyen terme, les volumes produits peuvent ensuite s'ajuster. Le résultat dépend donc de la réaction des marchés et de la demande.

Les interventions nécessaires diffèrent selon le stade. Une perte dans un pays dépourvu de stockage ou de chaîne du froid appelle des infrastructures, une meilleure conservation, des transports ou des pratiques post-récolte différentes. Un gaspillage domestique lié aux portions, aux dates ou aux habitudes appelle d'autres réponses. Une perte industrielle ou commerciale peut dépendre de calibrages, de normes de qualité ou de prévisions de vente. Parler du « gaspillage » comme d'un comportement unique des ménages efface cette diversité.

Il existe aussi une tension distributive. Réduire des pertes peut augmenter la quantité commercialisable et rendre certains aliments plus accessibles. Mais si cette amélioration réduit fortement les prix sans compensation par davantage de débouchés, certains producteurs peuvent voir leur revenu diminuer. Cela ne signifie pas qu'il faut conserver les pertes pour protéger les producteurs ; cela

signifie qu'une amélioration technique peut avoir des effets économiques qu'il faut anticiper.

Le gaspillage révèle ainsi une chose importante pour le traité : la production nécessaire n'est pas déterminée uniquement par ce que les gens mangent. Elle dépend également des inefficacités de la chaîne. Une société qui réduit ses pertes peut satisfaire une même consommation finale avec moins de pression matérielle, mais la traduction concrète en surfaces et en volumes dépend de la manière dont les acteurs réagissent.

Une modification du régime ne libère pas automatiquement une terre

Les débats alimentaires utilisent souvent la surface agricole comme mesure synthétique. Cette mesure est utile, mais elle devient trompeuse lorsque toutes les terres sont traitées comme équivalentes. Les statistiques mondiales regroupent sous l'expression « terres agricoles » des terres cultivées et de vastes surfaces de prairies et pâturages permanents. En 2024, la FAO estimait l'ensemble à environ 4,6 milliards d'hectares. Ce chiffre dit peu à lui seul sur ce que ces terres pourraient devenir.

Une terre arable fertile et irriguée n'a pas les mêmes usages possibles qu'un pâturage sec, escarpé ou impropre aux cultures. Une prairie peut avoir des fonctions écologiques ou pastorales sans être convertissable en production végétale directe. Inversement, une culture de céréales destinée à l'alimentation animale sur une terre de grande qualité porte un coût d'opportunité plus directement comparable à une culture alimentaire humaine.

Il faut donc distinguer « surface associée à une consommation » et « surface réellement libérable ». Si la demande pour un produit baisse, plusieurs choses peuvent se produire. La surface peut être affectée à une autre production agricole, rester en prairie, être boisée, être abandonnée, être urbanisée, servir à l'énergie ou produire pour l'exportation. Dans certains cas, elle peut effectivement être restaurée écologiquement. Dans d'autres, aucune libération écologique n'a lieu.

Le même raisonnement vaut dans l'autre sens. Une hausse de demande ne conduit pas nécessairement à une extension des surfaces. Elle peut être satisfaite par une hausse des rendements, une modification des rations, davantage d'importations, une réallocation de cultures existantes ou une combinaison de ces mécanismes. L'effet foncier n'est donc jamais contenu automatiquement dans la demande.

Cette distinction ne réduit pas l'importance de l'alimentation dans l'usage des terres. Elle la rend plus précise. Les régimes alimentaires influencent réellement l'allocation de vastes surfaces. Mais le passage du régime à la terre doit toujours expliciter le contrefactuel : quelle production aurait lieu autrement ? Quelle terre est concernée ? Quelles alternatives techniques existent ? Quels acteurs auraient intérêt à modifier l'usage ?

La temporalité compte également. Une modification de demande peut être rapide alors qu'une réorganisation foncière est lente. Les agriculteurs disposent d'investissements, de bâtiments, de compétences, de contrats et de rotations qui ne se transforment pas instantanément. Un élevage supprimé ne devient pas en une saison une autre filière viable. Une plantation pérenne n'est pas une culture

annuelle interchangeable. La rigidité du capital et des écosystèmes rend donc le changement progressif.

Changer ce que nous mangeons, c'est déplacer un système — pas appuyer sur un bouton

Si la demande alimentaire agit sur l'agriculture, elle peut aussi devenir un levier de transformation. Mais ce levier n'est ni instantané ni isolé. Modifier les achats d'une population peut changer les prix relatifs, les débouchés, les contrats, les importations, la transformation et finalement les choix de production. Le résultat dépend de l'ampleur du changement, de sa durée et des alternatives disponibles.

Les politiques publiques peuvent intervenir dans cette boucle sans dicter un régime individuel. Les achats des cantines, hôpitaux ou administrations créent des débouchés. Les règles d'urbanisme modifient l'accessibilité des commerces. Les infrastructures de marché ou de chaîne du froid rendent certaines catégories disponibles. La fiscalité et les subventions peuvent déplacer les prix relatifs. L'information, l'étiquetage et les règles de commercialisation peuvent modifier les conditions dans lesquelles les choix sont faits.

Ces outils ne sont pas équivalents. Une subvention peut rendre un produit plus accessible mais coûter au budget public. Une taxe peut réduire une demande mais peser davantage sur certains ménages. Un achat public peut sécuriser un débouché tout en rigidifiant certaines normes. Une politique d'offre peut améliorer l'accès sans garantir que les habitudes changeront. Comme dans les chapitres précédents, des critères hétérogènes ne doivent pas être fusionnés dans un score unique.

Le changement alimentaire n'a pas non plus la même signification partout. Dans certains groupes sociaux, réduire une consommation devenue très élevée peut diminuer certaines pressions agricoles. Dans d'autres populations, l'enjeu principal reste l'accès à une alimentation suffisamment diversifiée et nutritive. Une moyenne mondiale ne peut donc pas devenir une norme individuelle universelle. Le traité doit examiner les fonctions et les contextes plutôt que produire une injonction globale.

Il faut enfin conserver la souveraineté humaine sur les valeurs. La science peut documenter qu'un régime mobilise davantage ou moins de certaines ressources, qu'il oriente les cultures dans telle direction, ou qu'un changement de demande aurait probablement tels effets. Elle ne peut pas décider seule du poids à donner à la tradition, au plaisir, au coût, à la santé, à l'environnement, au bien-être animal ou au revenu agricole. Ces arbitrages restent politiques et personnels.

La responsabilité doit donc être distribuée à la mesure des capacités d'action. Un consommateur peut modifier certains achats. Un industriel peut reformuler et changer ses contrats. Un distributeur peut modifier assortiment et promotions. Un pouvoir public peut agir sur fiscalité, infrastructures et achats collectifs. Un agriculteur peut adapter ses productions dans certaines limites. Aucun de ces acteurs ne peut pourtant transformer seul un système dont les éléments sont interdépendants.

C'est pourquoi la formule « ce que nous mangeons transforme ce que nous cultivons » doit être comprise comme une relation systémique, non comme une

accusation. La demande alimentaire agrégée se propage vers l'amont et contribue à déterminer les cultures, les élevages, les usages des terres et les flux de matières. Mais cette demande est elle-même produite par des prix, des revenus, des infrastructures, des techniques, des institutions et des habitudes héritées.

Le système alimentaire est donc une boucle. Nous produisons en fonction de ce que nous mangeons, mais nous mangeons aussi en fonction de ce que le système a rendu disponible, abordable et familier. Transformer l'agriculture exige alors de travailler simultanément sur la production et sur les conditions de la demande. Agir sur une seule extrémité en supposant que tout le reste suivra automatiquement revient à confondre un levier avec l'ensemble de la machine.

Cette conclusion ferme la partie consacrée à l'organisation du système alimentaire. Les trois chapitres précédents ont montré comment la valeur et le risque sont distribués, comment les flux et dépendances s'organisent entre territoires, puis comment la demande se propage vers la production. La dernière partie peut maintenant examiner les promesses de transformation agricole elles-mêmes : ce qu'elles annoncent, ce qu'elles permettent réellement, leurs limites et les conditions dans lesquelles elles peuvent tenir face au changement climatique.

Partie V — Transformer Sans Se Raconter D'Histoires

CHAPITRE 12 — LES PROMESSES AGRICOLES MISES À L'ÉPREUVE

Une promesse agricole n'est pas encore une preuve

L'agriculture contemporaine est entourée de promesses. Certaines sont anciennes et récurrentes : produire davantage avec moins de travail, préserver le sol, se passer de pesticides, rendre les fermes plus autonomes. D'autres semblent plus nouvelles : cultiver grâce aux données, confier le désherbage à des robots, produire en intérieur sous lumière artificielle, modifier plus précisément le génome d'une plante. Presque toutes partent d'un problème réel. Les sols s'érodent, les intrants coûtent cher, les pesticides posent des problèmes écologiques et sanitaires, la main-d'œuvre manque dans certains secteurs, les aléas climatiques s'intensifient, les agriculteurs cherchent à maintenir leur revenu, et les sociétés demandent simultanément davantage de nourriture, moins d'impacts et plus de garanties.

Le danger commence lorsque l'existence d'un problème est prise pour preuve que la solution proposée fonctionne. Une technologie peut répondre correctement à une partie du problème et en déplacer une autre. Une pratique peut améliorer la biodiversité par hectare tout en réduisant le rendement moyen. Une machine peut diminuer le travail manuel tout en augmentant le capital immobilisé et la dépendance à la maintenance. Une variété résistante peut réduire un traitement sans rendre inutile la gestion agronomique. Une ferme verticale peut économiser de l'eau et du sol tout en consommant beaucoup d'électricité. L'évaluation sérieuse ne consiste donc pas à demander quelle agriculture est « bonne », mais quel mécanisme agit, sur quelle fonction, dans quelles conditions, par rapport à quoi, et avec quels coûts nouveaux.

Cette exigence oblige aussi à refuser les catégories trop larges. Agriculture biologique, agroécologie, agriculture régénératrice, agriculture de conservation, agriculture de précision, robotisation, agriculture verticale et édition génomique ne désignent pas des objets équivalents. Certaines sont des systèmes réglementés, d'autres des cadres scientifiques, des familles de pratiques, des architectures de production ou des outils. Les classer dans un tableau unique pour leur attribuer une note globale donnerait une impression de précision tout en masquant l'essentiel : rendement, biodiversité, travail, capital, eau, énergie, autonomie ou résilience n'ont ni la même unité ni la même importance selon les territoires et les finalités humaines poursuivies.

Il faut donc partir du contrefactuel. Si une ferme passe au biologique, à quoi la compare-t-on ? À son ancien système, à une moyenne régionale, à un système conventionnel très intensif, ou à une ferme conventionnelle déjà diversifiée ? Si un robot désherbe mécaniquement, remplace-t-il un salarié, un herbicide, un tracteur ou une combinaison de ces éléments ? Si une serre verticale produit une salade, le point de comparaison est-il une serre chauffée, une production de plein champ locale ou un produit transporté sur plusieurs milliers de kilomètres ? Sans contrefactuel explicite, les gains affichés restent souvent incomplets.

Réduire les intrants : biologique, agroécologie et régénération des sols

L'agriculture biologique offre un premier exemple de cette difficulté. Son intérêt ne peut être résumé par un seul indicateur. Les synthèses disponibles convergent généralement vers une biodiversité locale plus élevée dans de nombreux systèmes biologiques comparables, avec des effets variables selon les cultures, les paysages et les groupes d'espèces étudiés. La réduction de certains pesticides de synthèse modifie également l'exposition écotoxique. Mais les rendements moyens sont souvent inférieurs, même si l'écart varie fortement selon les cultures, les pratiques et les conditions pédoclimatiques.

Cette différence de rendement ne suffit pas à conclure que le biologique utilise nécessairement « trop de terre ». Une telle conclusion suppose que la quantité totale à produire reste identique, que la consommation ne change pas, que des terres supplémentaires sont effectivement disponibles et qu'elles peuvent être converties sans autre coût. Pourtant, l'ignorer serait tout aussi trompeur. Une amélioration environnementale mesurée par hectare n'implique pas forcément une amélioration identique par tonne produite. Inversement, une analyse centrée sur la tonne peut sous-estimer des bénéfices locaux essentiels comme la présence d'habitats, l'abondance d'insectes ou la qualité biologique du sol. Le bon raisonnement conserve donc plusieurs unités au lieu d'en choisir une qui ferait mécaniquement gagner le système que l'on préfère.

Cette prudence permet aussi de séparer l'étiquette des mécanismes. Une rotation plus longue, des légumineuses, des couverts végétaux, des amendements organiques ou une meilleure diversification peuvent contribuer à certains bénéfices observés en agriculture biologique, mais ces pratiques ne lui appartiennent pas exclusivement. Un système conventionnel peut les mobiliser. Un système biologique peut les mobiliser mal. Il serait donc faux de créditer automatiquement le label de tout bénéfice lié à ces mécanismes, tout comme il serait faux de nier l'effet du cadre réglementaire qui limite certaines pratiques et pousse vers d'autres solutions agronomiques.

L'agroécologie pose une difficulté différente. Elle est plus large qu'un cahier des charges. Elle vise à utiliser les interactions écologiques dans les systèmes agricoles et alimentaires : diversification des cultures, associations, rotations, arbres, intégration cultures-élevage, gestion écologique des ravageurs, recyclage des nutriments, adaptation au contexte local. Dans plusieurs définitions institutionnelles, elle inclut également des dimensions sociales, économiques et politiques. Ce caractère systémique fait sa force mais crée aussi un risque : appeler « agroécologique » toute pratique souhaitable finit par rendre le terme impossible à tester.

Pour l'évaluer, il faut redescendre vers les mécanismes. Une rotation plus diversifiée peut interrompre certains cycles de maladies et de ravageurs. Une couverture du sol peut réduire l'érosion, limiter l'évaporation et modifier la vie biologique du sol. Une association de cultures peut répartir les risques ou utiliser différemment lumière, eau et nutriments. Une intégration culture-élevage peut recycler certaines biomasses et effluents. Mais chacun de ces mécanismes peut demander davantage de connaissance, de coordination, de travail, de matériel spécifique ou de débouchés différenciés. Réduire une dépendance aux intrants

externes peut augmenter une dépendance aux compétences et à l'organisation. Ce déplacement n'est pas en soi négatif ; il doit simplement être visible.

L'agriculture dite régénératrice est encore plus délicate à juger, parce que sa définition est moins stabilisée. Elle associe généralement santé des sols, couverture végétale, réduction du travail du sol, diversité, parfois intégration du bétail et stockage de carbone. Plusieurs pratiques réunies sous cette étiquette disposent de bases empiriques solides dans certains contextes. Les cultures de couverture, la diversification ou l'augmentation de matière organique peuvent améliorer certaines propriétés du sol. Mais une pratique efficace ne prouve pas que tout système se déclarant régénératif produit les mêmes résultats.

La question du carbone montre bien pourquoi. Augmenter le carbone organique d'un sol peut améliorer sa structure et certaines fonctions, mais la quantité stockée dépend du sol initial, du climat, de la profondeur considérée, des apports, du temps et du devenir alternatif de la biomasse utilisée. Un stockage mesuré dans les premiers centimètres peut coexister avec des changements différents plus bas dans le profil. Une augmentation peut ralentir avec le temps. Surtout, la séquestration ne doit pas être confondue avec une capacité illimitée à compenser des émissions permanentes. La promesse « régénérer le sol » devient donc utile lorsqu'elle est traduite en fonctions observables ; elle devient fragile lorsqu'elle reste un label global.

Travailler avec les processus : diversification, couverts et conservation

L'agriculture de conservation resserre davantage le problème autour du sol. Elle combine classiquement perturbation mécanique minimale, couverture permanente et diversification des cultures. Son intérêt est précisément de rappeler qu'un sol n'est pas seulement un support physique où l'on place semences et engrais. Sa structure, sa porosité, ses organismes, sa matière organique, sa capacité à infiltrer et retenir l'eau conditionnent la production future.

La réduction du labour peut limiter certaines perturbations et protéger le sol contre l'érosion, mais elle ne doit pas être isolée des deux autres principes. Le non-labour seul peut conduire, selon les systèmes, à davantage d'herbicides pour gérer les adventices. Les couverts peuvent apporter une fonction de protection, de fixation d'azote ou de production de biomasse, mais ils consomment eux aussi de l'eau et des nutriments à certains moments. Les rotations diversifiées peuvent réduire plusieurs risques biologiques, mais elles exigent des débouchés, des équipements et parfois des connaissances spécifiques.

Cette interdépendance entre pratiques est importante. Beaucoup de débats opposent une technique à une autre comme si chaque élément avait un effet stable indépendamment du système. Or la même absence de labour peut produire des conséquences différentes selon rotation, climat, texture du sol, pression d'adventices et disponibilité en herbicides. Le même couvert peut être très bénéfique dans une région humide et entrer en compétition pour l'eau dans un contexte sec s'il est mal géré. Une pratique ne possède donc pas une valeur abstraite : elle produit des effets dans une architecture.

Cela conduit à une règle plus générale. Lorsqu'une promesse affirme « travailler avec la nature », elle doit encore préciser quel processus naturel est

mobilisé et dans quelle direction. Les processus biologiques ne sont pas automatiquement favorables. Les ravageurs, les maladies, la compétition entre plantes, la minéralisation ou les pertes d'azote sont eux aussi naturels. L'agriculture n'échappe pas à l'intervention ; elle choisit quelles interactions amplifier, lesquelles contenir, et avec quels moyens.

Mieux mesurer et mieux doser : agriculture de précision

L'agriculture de précision part d'un diagnostic différent : beaucoup d'intrants sont appliqués de manière trop uniforme à des parcelles hétérogènes. Sol, humidité, vigueur des plantes ou pression parasitaire varient dans l'espace et dans le temps. Capteurs, GPS, télédétection, cartographie, modèles et systèmes d'aide à la décision promettent donc d'appliquer la bonne quantité au bon endroit et au bon moment.

Ce mécanisme est plausible et souvent documenté. Une modulation de l'azote peut éviter de fertiliser là où la culture répond peu. Une pulvérisation ciblée peut traiter uniquement les zones ou plantes concernées. Une irrigation pilotée peut limiter certains apports inutiles. Une conduite plus fine peut parfois maintenir le rendement tout en réduisant une dose moyenne, ou augmenter le rendement sans hausse proportionnelle des intrants. La précision peut donc produire des gains réels d'efficace.

Mais l'efficace n'est pas la sobriété. Une réduction d'intrant par hectare n'établit pas que l'usage total baisse. Si le coût marginal diminue, une exploitation peut intensifier davantage, cultiver une surface plus grande ou multiplier des interventions devenues rentables. L'irrigation fournit un exemple particulièrement clair : économiser de l'eau à la parcelle ne réduit pas nécessairement les prélèvements d'un bassin si les surfaces irriguées s'étendent ou si des cultures plus consommatrices deviennent profitables. La même question doit être posée à toute technologie d'efficace : que devient la ressource ou la capacité économisée ?

La précision déplace également des dépendances. Une ferme peut acheter moins d'engrais tout en dépendant davantage de capteurs, licences logicielles, connectivité, données, pièces électroniques, mises à jour et fournisseurs de service. Le bilan économique dépend de l'échelle, du taux d'utilisation et du coût du capital. Une grande exploitation peut amortir un équipement qu'une petite ne peut justifier. Des services partagés ou coopératifs peuvent changer ce calcul. Il faut donc distinguer performance technique de l'opération et accessibilité réelle de la technologie.

La question des données ajoute une autre couche. Si les cartes de rendement, historiques de pratiques et modèles restent contrôlés par l'agriculteur ou une structure qu'il choisit, ils peuvent augmenter sa capacité de décision. Si l'accès aux données, aux algorithmes ou aux réparations dépend étroitement d'un fournisseur, la même technologie peut réduire son autonomie. Ce n'est pas la présence d'un ordinateur qui décide du résultat, mais l'architecture économique et juridique autour de l'outil.

Automatiser : robotisation et travail agricole

La robotisation promet souvent de répondre à un problème immédiatement concret : certaines tâches sont pénibles, répétitives ou difficiles à pourvoir. Le désherbage manuel peut exiger beaucoup d'heures. La traite, la récolte de certains produits ou la surveillance quotidienne mobilisent des travailleurs dans des conditions parfois éprouvantes. Automatiser peut donc réduire une pénibilité réelle et rendre possibles des interventions plus précises.

Mais dire qu'un robot « économise du travail » simplifie excessivement ce qui se passe. Une partie du travail disparaît, une autre se déplace. Il faut programmer, surveiller, nettoyer, entretenir, réparer, mettre à jour, organiser les flux et gérer les données. Les compétences requises changent. Pour certaines exploitations, ce déplacement peut être bénéfique : moins de travail physique répétitif et davantage de supervision. Pour d'autres, il peut créer une dépendance à des techniciens rares, à des contrats de maintenance ou à des logiciels propriétaires.

La taille du robot compte elle aussi. L'image d'une mécanisation nécessairement lourde vient du fait que la productivité du travail agricole a historiquement progressé avec de grandes machines capables de couvrir rapidement de vastes surfaces. Des robots autonomes plus petits pourraient rompre partiellement cette relation : plusieurs unités légères peuvent intervenir longtemps sans conducteur. Cela peut réduire la masse par passage et permettre des interventions ciblées. Mais un engin léger n'est pas automatiquement sans effet sur le sol. Fréquence de passage, humidité, pression au sol et proportion de la surface parcourue restent déterminantes.

La robotisation peut également modifier les choix agronomiques. Si un robot rend possible un désherbage mécanique très fréquent et précis, il peut réduire l'intérêt économique d'un herbicide. S'il permet de suivre des cultures spatialement plus complexes, il peut lever un obstacle à la diversification. Mais il peut aussi consolider des architectures très standardisées si elles sont plus faciles à automatiser. Il ne suffit donc pas de demander si le robot fonctionne ; il faut demander quel système il rend plus facile à exploiter.

Le coût du capital demeure central. Une machine très performante peut être inaccessible si elle exige un investissement élevé, une taille minimale ou une infrastructure numérique particulière. À l'inverse, la location, la prestation de service, la mutualisation ou une baisse progressive des coûts peuvent modifier cette barrière. Là encore, aucune conclusion générale sur « la robotique » n'est possible sans préciser qui achète, qui possède, qui répare et à quelle échelle l'équipement devient rentable.

Contrôler l'environnement : serres, vertical farming et limites énergétiques

Les environnements contrôlés poussent plus loin une logique ancienne de l'agriculture : réduire l'exposition aux variations du milieu. Irrigation, serre, chauffage, filets et stockage ont déjà cette fonction. Le vertical farming ajoute l'empilement des surfaces de culture et, souvent, un contrôle presque complet de lumière, température, humidité et nutriments.

Les avantages sont faciles à comprendre. Une surface au sol réduite peut produire plusieurs niveaux de cultures. L'eau peut être recyclée. Les conditions peuvent rester stables toute l'année. Certains ravageurs ou événements climatiques

extérieurs deviennent moins menaçants. La proximité urbaine peut réduire certains délais logistiques. Pour des légumes-feuilles ou des herbes à cycle court et forte valeur, ces caractéristiques peuvent avoir une utilité réelle.

Mais contrôler l'environnement signifie fabriquer artificiellement une partie des services que le soleil, l'atmosphère et les saisons fournissent gratuitement au champ. L'éclairage et le contrôle thermique deviennent alors des postes énergétiques majeurs. Une performance remarquable par mètre carré au sol peut donc être médiocre par unité d'énergie. Le mix électrique devient déterminant pour le bilan climatique. Le prix de l'électricité peut décider de la viabilité économique. Le capital nécessaire pour les bâtiments, éclairages, pompes et contrôle automatisé limite également les cultures compatibles avec ce système.

C'est pourquoi l'idée de remplacer l'agriculture conventionnelle par des fermes verticales est trompeuse. Les grandes cultures fournissent d'immenses volumes de calories, protéines et huiles à faible valeur par kilogramme. Produire blé, maïs ou soja sous éclairage artificiel devrait compenser des coûts énergétiques et d'infrastructure que leur faible valeur marchande supporte mal. Les systèmes verticaux sont aujourd'hui beaucoup plus cohérents lorsqu'ils répondent à des fonctions particulières : produire des végétaux à forte valeur, sécuriser une production dans un territoire où l'eau ou le foncier sont très contraints, rapprocher certains produits périssables d'un marché, ou fournir une production stable dans un environnement hostile.

Le bon contrefactuel n'est donc jamais « vertical contre champ » en général. Il faut comparer une culture précise avec une alternative précise. Une laitue produite sous éclairage artificiel dans un pays froid ne doit pas être comparée de la même manière à une laitue locale estivale et à une laitue importée d'une région chaude avec irrigation et transport. La technologie n'a pas un bilan fixe ; elle déplace la combinaison de terre, eau, énergie, capital et logistique.

Modifier la plante : sélection, biotechnologies et édition génomique

L'amélioration génétique accompagne l'agriculture depuis la domestication. Sélectionner les plantes qui mûrissent ensemble, donnent davantage de graines, résistent mieux à une maladie ou correspondent à un usage alimentaire particulier a profondément modifié les espèces cultivées. L'édition génomique ne crée donc pas l'idée d'agir sur le vivant ; elle change la précision et parfois la vitesse avec lesquelles certaines modifications deviennent accessibles.

Les outils comme CRISPR permettent de cibler des séquences particulières et de travailler sur des caractères de résistance aux maladies, tolérance à certains stress, architecture des plantes, qualité nutritionnelle ou efficacité d'utilisation de ressources. Cela peut raccourcir certaines étapes de sélection ou rendre accessibles des modifications difficiles par les voies conventionnelles seules. La capacité technique est réelle. Mais elle ne supprime ni la biologie du terrain ni les interactions complexes entre gènes et environnement.

Une résistance génétique à une maladie peut réduire certains traitements tant que l'agent pathogène ne contourne pas cette résistance et que les autres maladies restent maîtrisées. Une meilleure tolérance à la sécheresse peut maintenir davantage de rendement sous certains déficits hydriques sans créer une ressource en

eau inexistante. Une variété utilisant mieux l'azote peut réduire un besoin relatif sans supprimer l'importance du sol, de la rotation ou du pilotage de la fertilisation. Une innovation génétique résout donc rarement un « système » entier ; elle modifie une contrainte particulière.

Il faut surtout distinguer cette capacité biologique de l'organisation économique de l'innovation. Une technique peut être performante tout en étant difficilement accessible à certains sélectionneurs si brevets, licences, réglementation ou coûts d'essais créent des barrières. À l'inverse, des outils plus simples et moins coûteux peuvent aussi permettre à de nouveaux acteurs de développer des variétés adaptées à des marchés plus petits. La concentration du secteur semencier n'est donc pas une conséquence mécanique de l'édition génomique. Elle dépend des règles de propriété intellectuelle, des droits des sélectionneurs et agriculteurs, de la structure des marchés et des coûts réglementaires.

La diversité génétique pose une question comparable. Une technologie permettant de créer rapidement de nouveaux caractères pourrait accroître le nombre de variétés disponibles. Mais si le marché se concentre autour de quelques lignées très rentables et largement distribuées, la diversité utilisée dans les champs peut diminuer. Ce paradoxe rappelle encore que le potentiel technique ne détermine pas seul la configuration finale du système.

Les hybrides sont souvent plus intéressants que les camps

Une grande partie des oppositions publiques devient moins pertinente dès que l'on regarde les fermes réelles. Une exploitation peut employer des couverts végétaux, réduire le travail du sol, utiliser un GPS pour moduler l'azote, planter une variété issue d'une sélection avancée et employer un robot de désherbage. Rien n'oblige ces éléments à appartenir au même camp idéologique.

Cette possibilité de combinaison ne signifie pas que toutes les techniques sont compatibles ni que leur addition produit automatiquement un bon résultat. Une technologie peut renforcer ou affaiblir un mécanisme agronomique. Une variété résistante à une maladie peut s'intégrer à une rotation diversifiée et réduire encore le risque. Un système de précision peut aider à limiter les apports d'azote dans un système de conservation. Des robots peuvent faciliter des architectures de culture plus diversifiées, mais ils peuvent aussi être conçus pour de très grandes monocultures régulières. Le sens de l'innovation vient de la manière dont elle s'insère dans le système.

Cela invite à abandonner deux récits opposés. Le premier affirme que suffisamment de technologie permettra de conserver toutes les structures existantes tout en supprimant leurs effets négatifs. Le second imagine que toute technologie moderne éloigne nécessairement l'agriculture des processus écologiques. Les deux oublient que techniques et processus biologiques s'entremêlent déjà. Une sonde d'humidité peut aider à mieux respecter une contrainte hydrique. Une sélection génétique peut réduire la sensibilité à une maladie. Une rotation peut rendre une technologie de désherbage plus efficace. La question pertinente n'est pas de savoir si une solution est « naturelle » ou « technologique », mais quelle fonction elle améliore et quelle dépendance elle introduit.

La vraie question : quel problème est résolu, et quel nouveau coût apparaît ?

Toutes les promesses examinées ont un point commun : elles déplacent les contraintes plus souvent qu'elles ne les abolissent. Réduire les intrants de synthèse peut augmenter les besoins en travail, savoir-faire ou surface. Automatiser peut réduire la pénibilité mais augmenter le capital et la dépendance aux services techniques. Produire en environnement contrôlé peut réduire eau et foncier mais augmenter l'énergie. Modifier une plante peut réduire une contrainte biologique mais ouvrir des questions de propriété intellectuelle. Améliorer l'efficacité peut réduire une consommation unitaire sans réduire l'usage total.

C'est ici que les effets rebond deviennent essentiels. Une hausse de rendement peut théoriquement épargner des terres, mais si elle augmente suffisamment la rentabilité d'une culture, les surfaces peuvent au contraire s'étendre. Une irrigation plus efficace peut économiser de l'eau par tonne tout en augmentant le prélèvement total. Un robot qui rend une intervention très peu coûteuse peut conduire à la répéter plus souvent. Une technologie de précision peut réduire une dose moyenne et rendre simultanément profitable une intensification. Aucun de ces rebonds n'est automatique, mais les ignorer transforme une amélioration locale en promesse systémique non démontrée.

La même prudence s'applique aux indicateurs. Un système peut être supérieur sur la biodiversité locale et inférieur sur le rendement. Un autre peut réduire les émissions par kilogramme tout en augmentant les émissions totales si la production croît fortement. Un troisième peut économiser du travail physique en demandant davantage de capital. Aucun score unique ne peut transformer ces critères hétérogènes en vérité neutre sans introduire des pondérations qui sont elles-mêmes des choix de valeur.

L'évaluation doit donc conserver les tensions visibles. Si la priorité d'un territoire est de réduire une contamination de l'eau, la capacité d'une pratique à diminuer certains intrants peut compter davantage. Si le foncier est extrêmement rare, la productivité spatiale prend plus d'importance. Si l'énergie est carbonée et chère, une solution fortement électrique devient moins attractive. Si l'exploitation manque de main-d'œuvre mais dispose de capital, l'automatisation peut répondre à une contrainte réelle. Si la souveraineté technique est prioritaire, réparabilité, accès aux données et dépendance aux licences deviennent des critères majeurs.

Il n'existe donc pas une agriculture du futur prête à être choisie parmi quelques marques concurrentes. Il existe des fonctions à préserver ou améliorer, des mécanismes plus ou moins bien établis, des contextes différents et des arbitrages. La meilleure innovation n'est pas celle qui possède le vocabulaire le plus moderne ou le plus écologique. C'est celle qui résout effectivement un problème important sans masquer les nouveaux coûts qu'elle crée, et qui peut être combinée avec d'autres fonctions du système sans dégrader ce que l'on cherchait précisément à protéger.

Cette conclusion prépare le chapitre suivant. Tester les promesses agricoles en conditions relativement stables est déjà difficile ; le changement climatique ajoute une contrainte mouvante qui modifie rendements, eau disponible, maladies, chaleur, saisonnalité et événements extrêmes. Il faudra donc demander non plus

seulement quelles techniques fonctionnent, mais lesquelles continuent à fonctionner lorsque le climat lui-même devient moins prévisible.

CHAPITRE 13 — AGRICULTURE SOUS CHANGEMENT CLIMATIQUE

Le climat n'est plus un décor stable

L'agriculture a toujours dépendu du climat. Cette évidence peut pourtant devenir trompeuse si elle conduit à penser que le problème contemporain consiste simplement à faire face à quelques années plus chaudes ou à quelques sécheresses supplémentaires. Un système agricole n'est pas construit seulement autour d'une température moyenne. Il repose sur un calendrier, sur des seuils physiologiques, sur la disponibilité de l'eau, sur une saisonnalité suffisamment prévisible, sur la présence ou l'absence de certains ravageurs, sur des infrastructures adaptées à un régime d'aléas, sur des variétés et des races sélectionnées pour certaines conditions, et sur des investissements dont la durée de vie se compte souvent en décennies. Le changement climatique modifie progressivement plusieurs de ces conditions à la fois.

Le premier changement est donc moins spectaculaire qu'une catastrophe et plus profond qu'un épisode extrême : le climat devient moins stationnaire. Une exploitation peut continuer à fonctionner plusieurs années tout en constatant que les références qui permettaient de décider — date de semis, durée de pâturage, niveau de réserve d'eau, choix variétal, fréquence d'un ravageur, capacité d'un bâtiment à évacuer la chaleur — deviennent moins fiables. L'enjeu n'est plus seulement de protéger la production contre un choc exceptionnel. Il est de continuer à produire alors que la distribution même des risques se déplace.

Cette distinction évite deux récits également insuffisants. Le premier transforme tout événement défavorable en effet direct du changement climatique, sans attribution sérieuse. Le second suppose qu'une agriculture ayant toujours vécu avec des variations climatiques saura nécessairement absorber les changements à venir. Or les systèmes agricoles ont effectivement appris à gérer l'incertitude, mais généralement à l'intérieur d'une plage de conditions connue. Lorsque la fréquence des extrêmes augmente, que certains seuils sont franchis plus souvent et que plusieurs contraintes se combinent, l'expérience passée perd une partie de son pouvoir prédictif.

Le GIEC conclut que le changement climatique affecte déjà les systèmes agricoles et a ralenti la croissance de la productivité dans de nombreuses régions, notamment aux moyennes et basses latitudes. Cela ne signifie pas que toute variation de rendement observée localement puisse lui être attribuée. Génétique, fertilisation, irrigation, maladies, prix, infrastructures, pratiques et politiques interviennent simultanément. Mais cela signifie qu'il serait tout aussi faux de traiter le climat comme une variable extérieure à l'histoire récente de l'agriculture. Il est désormais l'un des facteurs qui redessinent les conditions dans lesquelles les gains techniques doivent être obtenus et conservés.

La chaleur agit par seuils

Une moyenne annuelle est un indicateur trop grossier pour comprendre ce que la chaleur fait à une plante ou à un animal. Deux saisons affichant la même température moyenne peuvent avoir des conséquences très différentes si, dans l'une, quelques jours extrêmement chauds surviennent pendant la floraison ou la fécondation. La physiologie agricole est pleine de seuils : germination, floraison, fécondation, respiration, remplissage du grain, croissance racinaire, ingestion, reproduction et refroidissement corporel ne répondent pas de façon linéaire à la température.

Dans certaines régions froides, une hausse modérée de température peut allonger la saison de croissance, réduire certains gels ou permettre de nouvelles cultures. Mais ces gains ne se déplacent pas librement avec les isothermes. Les sols, la photopériode, l'eau, les infrastructures, la topographie, la propriété foncière et les marchés ne suivent pas automatiquement le déplacement d'une zone climatique. Ailleurs, notamment là où les cultures sont déjà proches de leur optimum thermique, quelques degrés ou quelques épisodes de chaleur supplémentaires rapprochent les plantes de seuils au-delà desquels la reproduction ou le remplissage des grains chutent rapidement.

Il serait donc méthodologiquement faux de transformer le réchauffement en coefficient universel de perte de rendement. Les synthèses du GIEC donnent des ordres de grandeur globaux négatifs pour plusieurs grandes cultures en l'absence d'adaptation, mais ces moyennes agrègent des climats, variétés, sols et pratiques différents. Elles indiquent une direction du risque, pas une loi locale. Une ferme n'a pas besoin de savoir qu'un rendement mondial moyen baissera de telle valeur précise pour comprendre qu'une phase reproductrice régulièrement exposée à un nouveau seuil thermique constitue un problème agronomique concret.

L'effet fertilisant du CO₂ ne supprime pas cette logique. Certaines plantes peuvent accroître leur croissance sous concentration plus élevée de CO₂, mais l'effet dépend de l'eau, des nutriments, de la température et des espèces. Une plante qui dispose de davantage de carbone atmosphérique ne devient pas immunisée contre une floraison brûlée, un sol sec ou une carence azotée. De plus, l'augmentation du CO₂ peut modifier la qualité nutritionnelle de certaines récoltes. La formule « plus de CO₂, donc plus de nourriture » réduit ainsi une interaction complexe à un seul mécanisme favorable.

Pour l'agriculture, la question utile devient : quels seuils sont critiques, à quel stade, pendant combien de temps et avec quelle possibilité réelle d'évitement ? Modifier une date de semis peut permettre à une culture de ne plus rencontrer une période chaude pendant sa floraison. Mais cette solution fonctionne seulement tant que le calendrier peut être déplacé sans exposer la plante à une autre contrainte : gel tardif, sécheresse, manque de lumière, saturation du sol, maladie ou difficulté de récolte. L'adaptation climatique consiste souvent à déplacer un risque ; sa qualité dépend de ce qui se trouve à la nouvelle place.

L'eau devient une question de système

Le changement climatique est souvent traduit en langage agricole par la question des précipitations. Pourtant, la pluie seule ne définit pas la disponibilité en eau. Le bilan réel dépend du stockage dans le sol, de l'évapotranspiration, de la neige, des nappes, des cours d'eau, de la profondeur racinaire, des infrastructures,

de l'irrigation et des autres usages du bassin. Une quantité annuelle de pluie peut rester proche de la moyenne historique tout en devenant beaucoup moins utile si elle tombe davantage sous forme d'épisodes intenses séparés par des périodes sèches.

Cette dimension est fondamentale parce que l'eau relie la parcelle au territoire. Un agriculteur peut améliorer l'efficacité de son irrigation, mais il ne contrôle pas seul la recharge d'une nappe, le débit d'un fleuve ou la concurrence entre agriculture, villes, industrie et écosystèmes. Une adaptation hydrique peut donc sembler excellente à l'échelle de l'exploitation et devenir fragile ou nuisible à l'échelle du bassin.

L'irrigation est l'une des adaptations les plus puissantes contre le stress hydrique. Elle permet de maintenir des rendements élevés et de réduire une partie de la variabilité climatique. Mais précisément parce qu'elle est efficace, elle peut créer une illusion de maîtrise. Irriguer ne crée pas une ressource ; cela organise son prélèvement, son transport et sa distribution. Si la ressource renouvelable diminue, si les pompes excèdent durablement la recharge ou si le besoin augmente avec l'évapotranspiration, l'infrastructure peut conserver la production pendant un temps tout en approfondissant la vulnérabilité future.

C'est ici que l'efficacité technique doit être séparée de la sobriété réelle. Un système d'irrigation plus précis peut réduire la quantité d'eau appliquée par hectare. Mais si cette économie permet d'augmenter les surfaces irriguées, de choisir des cultures plus consommatrices ou de multiplier les cycles de production, le prélèvement total peut rester stable ou augmenter. Il faut donc distinguer efficacité à la parcelle, prélèvement brut, consommation nette, retour d'eau, recharge et disponibilité collective. La même prudence vaut pour l'énergie : pomper plus profondément ou transporter l'eau plus loin peut maintenir un rendement tout en augmentant le coût et la dépendance énergétique.

L'irrigation devient maladaptative lorsqu'elle transforme une contrainte croissante en dette future. Un investissement coûteux peut être rationnel s'il sécurise une production dans un bassin durablement approvisionné. Il devient beaucoup plus discutable s'il verrouille une culture dans une zone où la ressource elle-même devient structurellement moins disponible. La bonne question n'est donc pas : « peut-on encore irriguer ? », mais : « cette irrigation augmente-t-elle la viabilité du système sur la durée, ou achète-t-elle quelques années en augmentant le coût du changement futur ? »

Les extrêmes testent la résilience réelle

Une agriculture peut fonctionner correctement sous un climat moyen légèrement modifié et échouer lorsqu'un événement extrême franchit une limite que ses infrastructures n'ont jamais été conçues pour supporter. Canicules, sécheresses, pluies intenses, inondations, tempêtes et incendies ne sont pas seulement des écarts autour d'une moyenne ; ils peuvent détruire en quelques jours ce que plusieurs années d'optimisation avaient permis de produire.

Le risque devient plus difficile encore lorsque plusieurs phénomènes se combinent. Une chaleur forte pendant une sécheresse produit un stress différent de celui d'une chaleur avec eau abondante. Pour l'élevage, chaleur et humidité peuvent réduire la capacité de refroidissement de l'animal. Une pluie extrême après

une longue sécheresse peut ruisseler sur un sol dont l'infiltration a diminué. Une récolte faible peut se transformer en crise alimentaire si des infrastructures logistiques sont simultanément endommagées ou si plusieurs régions exportatrices connaissent des pertes la même année.

Ces risques composés changent la définition de la résilience. Un système performant n'est pas nécessairement celui qui maximise le rendement moyen lorsque tout se déroule normalement. Il peut être celui qui évite l'effondrement lorsque plusieurs contraintes se présentent ensemble. Cela peut donner de la valeur à des caractéristiques qui paraissent sous-optimales dans une année ordinaire : diversité des cultures, stocks, redondance des équipements, plusieurs sources d'eau, flexibilité des débouchés, variétés différentes, prairies de réserve ou capacité à modifier rapidement un calendrier.

La résilience ne signifie pourtant pas accumulation illimitée de marges de sécurité. Chaque redondance coûte du capital, du temps, du foncier ou du rendement potentiel. Elle impose donc un arbitrage. La question n'est pas de rendre chaque ferme invulnérable, objectif impossible, mais d'identifier quelles défaillances seraient catastrophiques et quelles capacités permettent de les absorber sans transférer simplement le risque à d'autres acteurs.

Ravageurs et maladies se déplacent avec les conditions

Le climat modifie aussi des organismes qui ne figurent pas dans les bilans de température et de pluie de l'agriculteur. Ravageurs, agents pathogènes, vecteurs, adventices et auxiliaires répondent eux aussi aux conditions thermiques et hydriques. Des hivers plus doux peuvent améliorer la survie de certains organismes ; des températures plus élevées peuvent accélérer certains cycles ; de nouvelles régions peuvent devenir accessibles. Mais l'effet n'est pas uniformément une augmentation des ravageurs.

Chaque organisme possède lui aussi des limites. Une température favorable jusqu'à un certain point peut devenir défavorable au-delà. Une sécheresse peut affaiblir une plante hôte et favoriser certains ravageurs, mais réduire la survie d'autres agents. L'humidité peut être déterminante pour certaines maladies et défavorable à d'autres. S'ajoutent le commerce, les introductions biologiques, la fertilisation, l'irrigation, l'usage des terres et les changements de biodiversité. Le changement climatique redessine ainsi le champ des possibles sans fournir une règle simple du type « plus chaud égale plus de maladies ».

Cette incertitude renforce l'importance de capacités d'adaptation moins dépendantes d'une prédiction parfaite. Surveillance, alerte précoce, quarantaine, diversité variétale, sélection, rotations, lutte intégrée et capacité d'intervention rapide constituent des infrastructures aussi importantes qu'un produit phytosanitaire particulier. Elles permettent de répondre à un risque dont l'identité exacte peut changer.

Cette logique est également une leçon de gouvernance. Une exploitation ne peut pas surveiller seule les mouvements régionaux ou internationaux de tous les organismes nuisibles. La résilience phytosanitaire dépend de réseaux publics et privés, de laboratoires, de services d'alerte, d'échanges d'information et de règles

sanitaires. Le changement climatique rappelle ainsi qu'une partie de l'adaptation agricole se joue hors de la parcelle.

L'élevage affronte chaleur, eau et fourrages

Chez les animaux, le climat agit à la fois directement et indirectement. Le stress thermique modifie l'ingestion, la croissance, la reproduction, l'immunité et la production. Les seuils diffèrent selon espèces, races, âge, niveau de production et acclimatation. Les animaux fortement sélectionnés pour une productivité élevée peuvent disposer de moins de marge physiologique lorsque la dissipation de chaleur devient limitante.

La chaleur n'est cependant qu'un élément. Les besoins en eau augmentent, les fourrages peuvent perdre en quantité ou en qualité, les parcours se dessécher plus longtemps, certaines maladies vectorielles changer de répartition, et les épisodes extrêmes accroître la mortalité. Un système d'élevage doit donc être évalué comme une architecture complète. Un bâtiment fermé peut protéger des animaux de certains extrêmes mais dépendre de ventilation, d'électricité et d'un approvisionnement en eau fiable. Un système pastoral peut bénéficier d'une mobilité permettant d'exploiter des ressources dispersées, tout en devenant très vulnérable si les sécheresses se prolongent ou si la fragmentation des territoires empêche précisément cette mobilité.

Les mesures d'adaptation sont nombreuses : ombrage, ventilation, refroidissement, abreuvement, modification des horaires, densités plus faibles, races plus tolérantes, réserves fourragères, mobilité, transformation des bâtiments. Mais chacune déplace le problème vers d'autres ressources. Refroidir un bâtiment exige énergie et parfois eau. Sélectionner une race tolérante peut réduire certains niveaux de performance. Accroître les stocks de fourrage demande du foncier et du capital. Déplacer un troupeau exige un accès au territoire.

Le climat rend ainsi encore moins pertinente l'idée d'un « meilleur système d'élevage » indépendamment du contexte. Le bon système est celui dont les besoins et les capacités restent compatibles avec les ressources disponibles et les risques probables du territoire. Une architecture très performante mais dépendante d'un refroidissement continu peut être robuste dans un réseau électrique fiable et beaucoup moins dans une région soumise aux coupures pendant les canicules.

Adapter ne signifie pas tout compenser

Face à ces risques, la liste des adaptations possibles est longue : décaler les semis, sélectionner d'autres variétés, modifier les rotations, diversifier les productions, améliorer les sols, irriguer, stocker davantage, installer de l'ombrage, modifier les bâtiments, utiliser des services climatiques, assurer les récoltes, changer les pratiques de pâturage ou réorganiser les infrastructures territoriales. Le problème n'est donc pas l'absence de solutions. Il est de savoir jusqu'où ces solutions restent efficaces, accessibles et cohérentes lorsque le climat continue de changer.

Une première distinction sépare adaptation incrémentale et adaptation transformationnelle. L'adaptation incrémentale conserve l'architecture du système : on change une date, une variété, un réglage, une ventilation. Elle est souvent la plus simple et la moins coûteuse. Mais son efficacité diminue lorsque la contrainte dépasse ce que l'architecture peut absorber. À ce moment, préserver la

fonction peut exiger de changer de culture dominante, de déplacer une production, de modifier profondément un système d'élevage, de réorganiser un bassin d'irrigation ou d'abandonner une infrastructure devenue inadaptée.

Ce passage est difficile parce que les investissements existants créent de l'inertie. Un verger, un réseau d'irrigation, un bâtiment d'élevage ou une filière de transformation ne se remplace pas comme une variété annuelle. Plus le capital immobilisé est élevé, plus il devient tentant d'investir encore pour maintenir l'usage initial. Parfois cette stratégie est rationnelle. Parfois elle produit une maladaptation : le système réduit temporairement le risque tout en augmentant sa dépendance à une ressource déclinante, son endettement ou le coût futur de la transition.

La maladaptation n'est donc pas simplement une adaptation qui échoue. C'est une mesure qui améliore une situation à une échelle ou un horizon tout en augmentant durablement vulnérabilité, exposition ou inégalités ailleurs ou plus tard. Pomper davantage une nappe pour protéger une récolte peut être efficace cette année et dégrader la sécurité hydrique future. Construire une infrastructure très spécialisée peut protéger un rendement tout en enfermant l'exploitation dans un système que le climat rend de moins en moins viable.

Cette distinction oblige à demander : que cherche-t-on à maintenir ? Un rendement, un revenu, une production alimentaire, un emploi, un paysage, une espèce cultivée, une communauté rurale ? Une adaptation peut échouer à préserver une culture particulière tout en réussissant à préserver la fonction économique et alimentaire du territoire grâce à une transformation. Inversement, conserver pendant vingt ans le même produit peut masquer une vulnérabilité croissante si cela exige des coûts et des ressources toujours plus élevés.

Les limites de l'adaptation rendent la mitigation indispensable

L'existence de nombreuses adaptations ne signifie pas que l'agriculture puisse compenser indéfiniment n'importe quel niveau de changement climatique. Une adaptation atteint une limite lorsqu'elle devient physiquement inefficace, économiquement inaccessible, dépend d'une ressource indisponible ou exige une transformation sociale et institutionnelle impossible à réaliser assez vite.

Certaines limites sont dites souples parce qu'elles peuvent être déplacées par davantage de connaissances, d'investissements, d'infrastructures ou de coordination. Une région peut manquer aujourd'hui de capacité de stockage, de service climatique ou de financement sans que cette contrainte soit physiquement irréversible. D'autres limites deviennent beaucoup plus dures : il n'existe pas de date de semis qui protège une culture si toute sa saison devient incompatible avec ses seuils ; il n'existe pas d'irrigation durable sans ressource en eau ; un animal ne peut pas dissiper une chaleur arbitrairement élevée sans un dispositif de refroidissement lui-même dépendant de ressources.

C'est pourquoi adaptation et mitigation doivent rester conceptuellement séparées. L'adaptation vise à maintenir ou transformer une fonction sous un climat modifié. La mitigation vise à réduire les causes du changement climatique en diminuant les émissions nettes ou en augmentant certains puits. Une même pratique peut contribuer aux deux, mais par des mécanismes différents.

L'agroforesterie, une meilleure gestion de l'azote, certains couverts, la gestion du fumier ou l'amélioration de la matière organique des sols peuvent, selon les contextes, réduire des émissions ou stocker du carbone tout en améliorant certains aspects de la résilience. Mais il n'existe aucun principe selon lequel toute bonne adaptation serait automatiquement une bonne mitigation. Irriguer davantage peut protéger le rendement et augmenter la consommation énergétique. Refroidir un bâtiment peut réduire la mortalité animale tout en accroissant la demande électrique. À l'inverse, une mesure réduisant des émissions par kilogramme produit peut ne pas diminuer les émissions totales si la production augmente.

Le carbone des sols illustre particulièrement bien la nécessité de distinguer les fonctions. Augmenter le carbone organique peut améliorer structure, infiltration, rétention d'eau et fertilité, ce qui constitue un bénéfice agronomique potentiellement précieux. Cela peut également contribuer à la mitigation. Mais le sol n'est pas un puits infini. Le rythme d'accumulation peut ralentir à mesure que le stock augmente, et une partie du carbone peut être reperdue si les pratiques changent, si le sol est perturbé ou sous l'effet de nouvelles conditions climatiques.

La permanence importe parce qu'une tonne de carbone temporairement stockée n'est pas équivalente à l'absence durable d'une émission fossile. Il faut aussi considérer profondeur, niveau initial, additionnalité et émissions associées. Une pratique augmentant le stockage mais exigeant davantage d'azote peut accroître les émissions de N_2O . Parler de « compensation » sans intégrer ces dimensions crée une équivalence que les mécanismes physiques ne garantissent pas.

La mitigation agricole doit donc être jugée comme un changement net d'émissions et de stocks, avec ses fuites, sa permanence et son contrefactuel. L'adaptation doit être jugée comme une réduction réelle de vulnérabilité sur une durée et une échelle données. Une réponse positive à l'une de ces questions ne permet pas de présumer l'autre.

Décider sous incertitude sans se raconter d'histoire

Aucun agriculteur ne disposera d'une prévision parfaite du climat de sa parcelle en 2050 ou 2070. Les scénarios d'émissions, modèles climatiques, modèles de cultures, progrès génétiques, adaptations futures et réponses économiques produisent des plages d'incertitude. Cette incertitude n'est pas un défaut temporaire qui disparaîtra totalement avec davantage de calcul. Une partie est inhérente au fait que le futur dépend aussi de décisions humaines encore inconnues.

La réponse rationnelle n'est ni l'inaction ni la fausse précision. Il faut distinguer ce qui est assez robuste pour décider de ce qui reste très incertain. Le réchauffement général, l'augmentation du stress thermique et l'intensification de plusieurs extrêmes sont mieux établis que le rendement exact d'une culture particulière dans une commune donnée à une date lointaine. Une décision peut donc être justifiée sans connaître le chiffre final si elle reste utile dans plusieurs scénarios.

Cette logique favorise les stratégies robustes plutôt que les paris uniques. Une meilleure capacité de stockage de l'eau dans le sol, une diversité variétale, des réseaux de surveillance, une infrastructure réparable, une capacité de stockage

alimentaire, plusieurs débouchés ou une gestion financière laissant de la marge peuvent être utiles sous des futurs différents. Leur valeur vient moins d'une prédiction précise que de la réduction de dépendance à un scénario unique.

Mais la robustesse a elle aussi un coût. Diversifier peut réduire certaines économies d'échelle ; maintenir des réserves mobilise du capital ; construire de la redondance peut sembler inefficace les années normales. Il n'existe donc pas de solution purement technique au choix du niveau de sécurité souhaité. Ce choix dépend de ce que l'on accepte de risquer, du coût d'une défaillance et de la capacité collective à absorber la perte.

Le changement climatique pousse ainsi l'agriculture à abandonner une illusion : celle selon laquelle il suffirait d'optimiser toujours mieux un système conçu pour des conditions passées. Certaines optimisations continueront d'être utiles. D'autres devront être abandonnées lorsque leur coût de maintien dépassera la valeur de la fonction qu'elles protègent. L'intelligence de l'adaptation consiste précisément à reconnaître cette différence assez tôt.

Le problème agricole n'est donc pas de trouver une technique capable de vaincre le climat. Il est de construire des systèmes capables de conserver des fonctions essentielles lorsque leurs conditions changent, sans déplacer indéfiniment les coûts vers l'eau, l'énergie, les sols, les finances publiques ou les générations futures. Cette conclusion prépare la dernière étape du traité : si les conditions écologiques, économiques et climatiques diffèrent selon les territoires et évoluent dans le temps, alors une agriculture soutenable ne peut probablement pas être un modèle unique imposé partout.

CHAPITRE 14 — UNE AGRICULTURE SOUTENABLE N'EST PAS UN MODÈLE UNIQUE

La tentation de conclure un traité comme celui-ci par le nom d'un modèle est forte. Après avoir parcouru les sols, l'eau, les engrais, les pesticides, les machines, le travail, la diversité, l'élevage, les marchés, les technologies et le changement climatique, on voudrait pouvoir fermer le livre par une formule simple : voici l'agriculture qu'il faudrait désormais généraliser. Ce serait confortable. Ce serait aussi contredire une grande partie de ce que les chapitres précédents ont établi.

Le problème n'est pas que toutes les agricultures se vaudraient. Certaines pratiques dégradent plus vite qu'elles ne renouvellent les ressources dont elles dépendent. Certains systèmes ne tiennent que parce qu'une partie de leurs coûts est déplacée vers l'eau, les sols, les animaux, les finances publiques, les travailleurs, d'autres territoires ou l'avenir. Certaines dépendances sont si concentrées qu'elles rendent une exploitation ou une région vulnérable à une rupture unique. Certains choix permettent au contraire de réduire une pression, de restaurer une fonction, de sécuriser un revenu ou d'augmenter une marge de manœuvre. Le traité a donc produit des critères de jugement. Ce qu'il n'a pas produit, et ne doit pas fabriquer artificiellement à la dernière page, c'est un modèle universel capable d'ordonner tous ces critères de la même manière dans tous les territoires.

La raison est plus profonde qu'un simple « tout dépend ». Les agricultures ne répondent pas toutes au même problème initial. Une région où la contrainte dominante est l'érosion n'a pas la même priorité qu'un bassin où la nappe s'effondre. Une ferme qui dispose de prairies permanentes non cultivables ne pose pas la même question animale qu'un élevage nourri par des cultures entrant directement en concurrence avec l'alimentation humaine. Une petite exploitation très intensive en travail ne rencontre pas les mêmes limites qu'une grande ferme très mécanisée. Un territoire déficitaire en nourriture ne peut pas arbitrer la baisse de rendement comme une région en excédent structurel. Un système agricole soumis à des canicules croissantes ne peut pas conserver les mêmes choix variétaux, calendriers et infrastructures qu'un territoire bénéficiant encore de marges thermiques importantes.

Une agriculture soutenable ne peut donc pas être définie par une apparence, une tradition, une certification, une taille de ferme, un niveau de technologie ou un degré supposé de naturalité. Elle doit être jugée par sa capacité à accomplir durablement des fonctions sous des contraintes réelles.

Partir des fonctions, pas des étiquettes

La première fonction reste de nourrir. Cela paraît évident, mais une grande partie des débats agricoles l'oublie momentanément lorsqu'ils isolent un indicateur. Le rendement par hectare compte parce que les terres sont limitées. La

biodiversité compte parce qu'une agriculture qui simplifie excessivement les écosystèmes peut détruire des fonctions dont elle dépend ou des formes de vie auxquelles la société accorde une valeur propre. Le revenu compte parce qu'un système qui ne permet pas à ceux qui le font fonctionner de vivre ne se reproduit pas socialement. Le bien-être animal compte lorsque la production organise la vie et la mort d'êtres sensibles. L'énergie, le capital, l'eau, les nutriments et les terres comptent parce qu'ils ne sont ni illimités ni toujours substituables. Aucun de ces faits ne disparaît parce qu'un autre devient prioritaire.

Cela interdit de choisir une agriculture à partir d'un seul succès. Un rendement élevé ne suffit pas si l'érosion rend le système improductif à moyen terme. Une faible consommation de pesticides ne suffit pas si le maintien de la production exige une extension foncière destructrice ou une quantité de travail inaccessible. Une bonne efficacité énergétique ne suffit pas si le système détruit le revenu de ceux qui y travaillent. Une forte autonomie locale ne suffit pas si elle supprime des échanges qui sécurisaient l'approvisionnement contre les mauvaises récoltes régionales. Une excellente performance de bien-être dans un bâtiment ne règle pas, à elle seule, la question morale de l'usage et de la mise à mort des animaux. Le raisonnement doit donc rester multidimensionnel sans prétendre convertir ces dimensions en une seule mesure.

Le territoire est ici plus qu'une localisation géographique. Il désigne un ensemble de sols, de climats, de ressources hydriques, de paysages, de réseaux économiques, d'infrastructures, de savoir-faire, de régimes alimentaires, de débouchés, de droits et d'histoires. Deux exploitations présentant les mêmes cultures sur une photographie peuvent fonctionner dans deux architectures entièrement différentes si l'une dépend d'une nappe surexploitée et l'autre de pluies régulières, si l'une vend à un marché mondialisé et l'autre à une filière locale, si l'une peut facilement recruter et l'autre non, si l'une possède son foncier et l'autre porte une dette lourde.

Cela ne signifie pas qu'il faut renoncer aux connaissances générales. Des mécanismes restent transférables. L'érosion augmente lorsque le sol est nu et exposé à certaines pluies ou vents ; un excès d'azote peut se perdre vers l'eau et l'atmosphère ; la diversification peut réduire certaines vulnérabilités ; un animal subissant durablement chaleur ou restriction de mouvement peut connaître des états de mal-être ; une dépendance à un fournisseur unique crée une fragilité particulière. Mais la traduction de ces mécanismes en choix agricoles demande de connaître les contraintes locales et les alternatives réellement disponibles.

Le bon point de départ n'est donc pas « quel modèle voulons-nous ? », mais « quelles fonctions doivent être assurées ici, quelles contraintes sont déjà proches de leur limite, quelles ressources sont renouvelables, quelles dépendances sont critiques, quels coûts sont aujourd'hui déplacés et quelles marges de manœuvre resteront demain ? ».

Tout gain a un contrefactuel et peut déplacer un coût

Les chapitres précédents ont rencontré plusieurs fois la même erreur : attribuer une qualité globale à une technique parce qu'elle améliore un indicateur. Or une amélioration n'existe qu'en comparaison d'une situation de référence. Économiser de l'eau par kilogramme produit n'a pas la même signification si les prélèvements

totaux baissent, restent constants ou augmentent parce que la surface irriguée s'étend. Réduire les émissions par litre de lait n'est pas équivalent à réduire les émissions totales si le volume produit augmente. Accroître le carbone mesuré dans un sol n'est pas équivalent à neutraliser durablement une émission fossile. Augmenter la productivité du travail peut libérer des personnes de tâches pénibles ou participer à la disparition d'emplois et à une capitalisation accrue selon la manière dont la transition est organisée.

C'est pourquoi le contrefactuel doit accompagner le jugement. Par rapport à quoi l'option est-elle meilleure ? Qu'aurait produit l'alternative ? Quel usage aurait été fait de la terre, du capital, du travail ou de l'eau libérés ? Que se passe-t-il si l'on généralise la pratique ? Quel coût apparaît hors du périmètre où le gain est mesuré ?

Cette exigence évite aussi de confondre circularité et absence de coût. Réutiliser un coproduit peut être très pertinent lorsqu'il n'a pas de meilleure fonction concurrente. Employer du fumier comme fertilisant peut refermer partiellement un cycle de nutriments. Produire de l'énergie à partir d'un résidu peut réduire une perte. Mais une boucle n'est pas automatiquement vertueuse : le transport peut être important, le coproduit peut avoir d'autres usages, les nutriments peuvent être trop concentrés, la méthanisation peut modifier les incitations de production, et une matière dite « résiduelle » peut devenir une ressource dont la demande entraîne sa propre production.

Le même raisonnement vaut pour la technologie. Un capteur, un robot, une variété éditée, une serre ou un logiciel d'aide à la décision ne possède pas une orientation morale ou écologique intrinsèque. Ils changent les possibilités d'action. Leur valeur dépend ensuite de l'architecture où ils sont intégrés. Un robot de désherbage peut réduire un herbicide et la pénibilité, mais il peut également accroître les besoins en capital, maintenance et dépendance logicielle. Une variété résistante à une maladie peut réduire un traitement sans résoudre l'érosion, le revenu ou la dépendance au marché. Une serre peut sécuriser une production contre certains aléas tout en transférant une partie de la vulnérabilité vers l'énergie. Une innovation doit être jugée par la fonction qu'elle ajoute et par les dépendances qu'elle crée ou renforce.

Cette manière d'évaluer les choix n'aboutit pas à un refus de la spécialisation, de l'intensification ou de la technologie. Dans certains contextes, une spécialisation permet une maîtrise technique, une productivité et une organisation logistique difficiles à atteindre autrement. Un rendement élevé peut éviter de mobiliser davantage de terres. Une irrigation peut protéger une récolte vitale. Un bâtiment d'élevage contrôlé peut améliorer la santé ou réduire la mortalité. Le point est seulement qu'un avantage doit être conservé dans son périmètre de validité. Il devient trompeur lorsqu'on le transforme en justification du système entier.

La robustesse ne se réduit pas à la performance moyenne

Pendant longtemps, une grande partie de l'optimisation agricole a pu supposer que les distributions de risques observées dans le passé restaient approximativement valables. Le changement climatique fragilise cette hypothèse, mais il n'est pas le seul facteur. Les prix de l'énergie, des engrais et des aliments du bétail peuvent varier brutalement. Les chaînes logistiques peuvent être interrompues. Une

maladie peut toucher une culture ou un élevage très homogène. Une interdiction réglementaire peut retirer un intrant central. Une guerre ou une crise commerciale peut rendre indisponible une ressource auparavant banale.

Dans ce contexte, la meilleure moyenne n'est pas toujours la meilleure architecture. Une ferme légèrement moins productive en année normale peut être préférable si elle évite des effondrements répétés lors des années extrêmes. Une rotation plus complexe peut imposer des coûts d'organisation mais réduire la dépendance à une seule culture ou à un seul marché. Plusieurs fournisseurs peuvent coûter davantage qu'un contrat optimisé avec un seul acteur mais réduire le risque de rupture. Des stocks ont un coût précisément parce qu'ils renoncent à une partie de l'efficacité du flux tendu en échange d'une capacité à absorber un choc.

Il serait pourtant tout aussi faux d'ériger la diversité en solution universelle. Diversifier peut disperser les risques, mais aussi disperser les compétences, les équipements et les volumes. Une petite filière peut manquer d'infrastructures de stockage ou de transformation. Une exploitation très diversifiée peut devenir trop complexe à gérer. Certaines productions bénéficient fortement d'économies d'échelle. Le mot « résilience » ne doit donc pas devenir un synonyme automatique de petite taille, de localité ou de diversité maximale.

La robustesse désigne plutôt la capacité à continuer d'assurer les fonctions jugées essentielles lorsque plusieurs hypothèses favorables cessent d'être vraies. Cela invite à tester les systèmes : que se passe-t-il si l'eau devient plus rare ? si l'énergie devient chère ? si le rendement baisse deux années de suite ? si un débouché disparaît ? si une maladie rend une variété inutilisable ? si une aide publique change ? si une technologie ne peut plus être maintenue localement ?

Un système soutenable n'est pas celui qui ne dépend de rien. Une telle agriculture n'existe pas. Il dépend de ressources, d'humains, d'institutions, de techniques et d'écosystèmes. Le problème est la qualité de ces dépendances : sont-elles renouvelables, diversifiées, substituables, réparables, gouvernables ? Ont-elles des délais de remplacement compatibles avec une crise ? Leur coût réel est-il visible ? Une agriculture peut donc être très interconnectée et néanmoins robuste si ses interdépendances offrent plusieurs voies de substitution ; une agriculture apparemment autonome peut au contraire être fragile si une seule pièce, une seule nappe ou une seule compétence devient indispensable.

Refuser le modèle unique n'interdit pas de dire non

Le contextualisme devient vide s'il sert à éviter toute conclusion. Dire que les résultats dépendent du territoire ne signifie pas qu'aucun jugement n'est possible. Certaines incohérences peuvent être identifiées précisément.

Si un système extrait durablement plus d'eau qu'un bassin n'en renouvelle et qu'aucune transition réaliste ne corrige cette trajectoire, son maintien n'est pas soutenable au sens matériel. Si la fertilité d'un sol est obtenue en accélérant une érosion qui retire plus vite le sol qu'il ne se reconstitue, la performance présente hypothèque sa propre base productive. Si une amélioration d'efficacité ne fait que permettre une augmentation telle que la consommation totale de ressource continue de croître au-delà de la limite disponible, le gain unitaire ne suffit pas. Si le revenu d'un agriculteur dépend structurellement d'un travail non rémunéré ou

d'un endettement qui ne peut être servi dans des conditions normales, la production peut être techniquement performante et économiquement non reproductible. Si le bien-être animal est sacrifié sans nécessité reconnue uniquement pour préserver un niveau de coût ou de volume, le conflit ne peut pas être effacé par un indicateur de productivité.

Inversement, une technique ne devient pas mauvaise parce qu'elle utilise du capital, de l'énergie ou des intrants externes. La question est de savoir si ces coûts sont compatibles avec la fonction obtenue et les alternatives. Une pompe, un engrais, une serre ou un robot peuvent être rationnels lorsqu'ils permettent un gain qui ne pourrait être obtenu à coût comparable autrement. Le traité ne demande pas de supprimer les dépendances mais de les rendre visibles et de juger leurs conséquences.

Cela conduit à une forme de décision conditionnelle. On peut conclure : dans ce bassin, cette extension de l'irrigation est incohérente parce que la ressource renouvelable est déjà dépassée. Dans ce territoire, un ruminant sur prairie permanente peut valoriser une biomasse non directement consommable par l'humain, alors qu'un autre système d'élevage nourri par cultures concentrées peut entrer davantage en concurrence avec l'alimentation humaine. Dans une région donnée, une rotation plus longue peut être préférable si elle réduit une pression agronomique critique, mais son adoption peut demander des débouchés et des équipements qui n'existent pas encore. Le jugement n'est pas universel, mais il n'est pas arbitraire.

Il faut également conserver la séparation entre faits et valeurs. L'agronomie peut documenter combien d'eau un système consomme, quel rendement il atteint, quels risques il fait porter au sol, quelle mortalité animale il observe ou quelle dépense publique il exige. Elle ne peut pas décider seule de la valeur que la société accorde à un paysage, à la vie animale, à la souveraineté alimentaire, à l'emploi rural, au prix bas ou à l'autonomie. Ces arbitrages doivent être explicites précisément parce qu'ils ne sont pas réductibles à une mesure technique.

Une décision collective devient alors plus honnête lorsqu'elle dit ce qu'elle protège et ce qu'elle accepte de payer. Vouloir simultanément des prix très bas, un revenu élevé, davantage de bien-être animal, moins de pesticides, moins d'émissions, plus de biodiversité, aucune dépense publique et aucun changement alimentaire ne constitue pas un programme : c'est la superposition de finalités dont certaines peuvent entrer en conflit. La soutenabilité n'élimine pas ces conflits. Elle oblige à les regarder avant qu'ils ne soient déplacés silencieusement vers quelqu'un d'autre.

Combiner des mécanismes et préserver la capacité future de choisir

Une conséquence importante de cette méthode est que les catégories agricoles deviennent des réservoirs de mécanismes plutôt que des identités exclusives. Une ferme peut associer une rotation longue, une variété issue d'une sélection moderne, des couverts végétaux, des capteurs, du désherbage mécanique, une fertilisation minérale ciblée, des effluents d'élevage, de l'agroforesterie ou une commercialisation internationale. La cohérence de l'ensemble ne dépend pas de la pureté d'une étiquette. Elle dépend de la manière dont ces éléments remplissent les fonctions nécessaires sans franchir les contraintes jugées critiques.

Cette combinaison ne doit cependant pas devenir un nouvel éclectisme automatique. Additionner les bonnes pratiques ne garantit pas un bon système. Les interactions peuvent être négatives, les coûts de coordination devenir excessifs, plusieurs technologies peuvent dépendre de la même infrastructure fragile, et des pratiques utiles isolément peuvent entrer en concurrence pour la terre, l'eau, le travail ou le capital. La question reste architecturale : pourquoi chaque élément est-il présent, quel problème résout-il, que coûte-t-il, et que se passe-t-il si l'une de ses hypothèses cesse d'être vraie ?

On peut formuler une méthode de choix sans fabriquer de score global. Premièrement, définir les fonctions essentielles : nourriture, revenu, fertilité, eau, bien-être, stabilité, autonomie stratégique ou autres selon le territoire. Deuxièmement, identifier les contraintes non négociables ou les seuils physiques à ne pas franchir. Troisièmement, comparer les options avec le même contrefactuel et à plusieurs échelles pertinentes : hectare, unité produite, exploitation, bassin, territoire et système alimentaire lorsque cela change la conclusion. Quatrièmement, rendre visibles les dépendances créées, les coûts déplacés et les acteurs qui les supportent. Cinquièmement, tester la robustesse à plusieurs scénarios plutôt que d'optimiser seulement une année moyenne. Sixièmement, séparer ce qui relève d'un résultat scientifique de ce qui relève d'un arbitrage de valeurs. Enfin, conserver la possibilité de réviser la décision lorsque les conditions changent.

Cette dernière exigence est fondamentale. Une agriculture soutenable ne consiste pas seulement à maintenir une production. Elle doit préserver autant que possible la capacité future d'adapter cette production. Un sol profondément érodé, une nappe épuisée, une diversité génétique perdue, une dette impossible à restructurer, une dépendance technique irréparable ou une concentration économique extrême réduisent les choix disponibles à ceux qui viendront ensuite. Certaines décisions sont difficiles à inverser ; leur coût ne se mesure donc pas uniquement dans l'année où elles sont prises.

Préserver la capacité de choisir ne signifie pas refuser toute spécialisation ou tout investissement durable. Une vigne, un verger, un bâtiment d'élevage ou un système d'irrigation engagent nécessairement le futur. Mais plus une décision est lourde, longue et irréversible, plus elle doit être testée contre plusieurs trajectoires possibles : climat, énergie, marché, ressource en eau, réglementation et demande. La robustesse n'est pas l'absence d'engagement ; c'est l'attention portée à ce que l'engagement rend encore possible.

C'est peut-être là que se referme réellement la question posée au début du traité. Produire assez de nourriture dans des conditions humainement et écologiquement soutenables ne demande pas de trouver enfin l'agriculture parfaite. Cela demande de ne jamais laisser une performance locale effacer la base matérielle, humaine ou morale qui la rend possible. Cela demande de distinguer un rendement de la capacité à continuer de produire, un prix du coût réellement supporté, une efficacité de la consommation totale, une innovation de son architecture économique, une autonomie de l'autarcie, une adaptation de la prolongation artificielle d'un système devenu fragile.

L'agriculture soutenable apparaît alors moins comme un modèle que comme une discipline de décision. Elle ne promet pas d'abolir les arbitrages. Elle demande qu'ils soient explicites, comparables seulement lorsqu'ils le sont réellement, révisables lorsque le monde change, et jugés à la lumière de leurs conséquences présentes et futures.

Le traité peut donc se fermer sans nommer une école nouvelle. Sa conclusion n'est pas que toutes les agricultures doivent coexister, ni qu'il faudrait combiner un peu de chaque méthode. Elle est plus exigeante : pour chaque territoire et chaque fonction, il faut pouvoir expliquer pourquoi un système est choisi, quelles ressources il mobilise, quels coûts il déplace, quels êtres et quels acteurs en supportent les conséquences, quelles alternatives ont été écartées, et quelle marge il laisse à ceux qui devront encore produire après nous.

Une agriculture soutenable n'est pas celle qui correspond le mieux à une image idéale. C'est celle dont les fonctions, les coûts et les limites peuvent être rendus explicites, dont les contradictions sont assumées plutôt que masquées, et qui préserve suffisamment les conditions de sa propre transformation pour ne pas enfermer l'avenir dans les choix du présent.

BIBLIOGRAPHIE

Bezner Kerr, R. et al. 2022. Food, Fibre, and Other Ecosystem Products. In *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the IPCC*. Cambridge University Press, pp. 713–906. DOI : 10.1017/9781009325844.007.

de la Cruz, V. Y. V., Tantriani, Cheng, W. & Tawaraya, K. 2023. Yield gap between organic and conventional farming systems across climate types and sub-types: A meta-analysis. *Agricultural Systems*, 211, 103732. DOI : 10.1016/j.agsy.2023.103732.

EFSA Panel on Animal Health and Welfare. 2022. Welfare of pigs on farm. *EFSA Journal*, 20(8), e07421. DOI : 10.2903/j.efsa.2022.7421.

EFSA Panel on Animal Health and Welfare. 2023. Welfare of broilers on farm. *EFSA Journal*, 21(2), e07788. DOI : 10.2903/j.efsa.2023.7788.

EFSA Panel on Animal Health and Welfare. 2023. Welfare of laying hens on farm. *EFSA Journal*, 21(2), e07789. DOI : 10.2903/j.efsa.2023.7789.

EFSA Panel on Animal Health and Welfare. 2023. Welfare of dairy cows. *EFSA Journal*, 21(5), e07993. DOI : 10.2903/j.efsa.2023.7993.

European Parliament & Council of the European Union. 2019. Directive (EU) 2019/633 of 17 April 2019 on unfair trading practices in business-to-business relationships in the agricultural and food supply chain. *Official Journal of the European Union*.

Eurostat. 2026. Economic Accounts for Agriculture (EAA). Database.

FAO. 2021. *The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture 2021: Systems at breaking point*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

FAO. 2023. *Contribution of terrestrial animal source food to healthy diets for improved nutrition and health outcomes: An evidence and policy overview on the state of knowledge and gaps*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. ISBN 978-92-5-137536-5.

FAO. 2023. *Pathways towards lower emissions – A global assessment of the greenhouse gas emissions and mitigation options from livestock agrifood systems*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

FAO. 2024. *Global status of salt-affected soils*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. ISBN 978-92-5-139307-9.

FAO. 2025. Food Loss Index (SDG indicator 12.3.1a). FAOSTAT / SDG data series.

FAO. 2025. *Guidance on integrated pest management for the world's major crop pests and diseases*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

FAO. 2026. *Land statistics 2001–2024: Global, regional and country trends*. FAOSTAT data release.

FAO. 2026. The State of Agricultural Commodity Markets 2026: Trade, resilience and food security. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

FAO, IFAD, UNICEF, WFP & WHO. 2026. The State of Food Security and Nutrition in the World 2026: Understanding and addressing the high cost of a healthy diet. Rome: FAO.

FranceAgriMer. 2023. Souveraineté alimentaire : un éclairage par les indicateurs de bilan. Montreuil: FranceAgriMer.

International Labour Organization. 2011. Safety and Health in Agriculture: Code of practice. Geneva: ILO. ISBN 978-92-2-124970-2.

Lan, J. & Ban, Q. 2025. The Farm-Level Economic and Environmental Benefits of Precision Agriculture Technology Adoption: A Meta-Analysis of Global Evidence. *Sustainability*, 17(24), 11223. DOI : 10.3390/su172411223.

Mellor, D. J., Beausoleil, N. J., Littlewood, K. E., McLean, A. N., McGreevy, P. D., Jones, B. & Wilkins, C. 2020. The 2020 Five Domains Model: Including Human–Animal Interactions in Assessments of Animal Welfare. *Animals*, 10(10), 1870. DOI : 10.3390/ani10101870.

Minviel, J.-J. & Veyset, P. 2026. Are mixed crop-livestock systems economically and environmentally performant? A global meta-analysis. *Agricultural and Food Economics*, 14, 56. DOI : 10.1186/s40100-026-00498-3.

Mottet, A., de Haan, C., Falcucci, A., Tempio, G., Opio, C. & Gerber, P. J. 2017. Livestock: On our plates or eating at our table? A new analysis of the feed/food debate. *Global Food Security*, 14, 1–8. DOI : 10.1016/j.gfs.2017.01.001.

Mudare, S. et al. 2025. Crop rotations synergize yield, nutrition, and revenue: a meta-analysis. *Nature Communications*, 16, 9552. DOI : 10.1038/s41467-025-64567-9.

Nabuurs, G.-J. et al. 2022. Agriculture, Forestry and Other Land Uses (AFOLU). In *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the IPCC*. Cambridge University Press. DOI : 10.1017/9781009157926.009.

OECD. 2025. Agricultural Policy Monitoring and Evaluation 2025: Making the Most of the Trade and Environment Nexus in Agriculture. Paris: OECD Publishing. DOI : 10.1787/a80ac398-en.

OECD & FAO. 2026. OECD–FAO Agricultural Outlook 2026–2035. Paris/Rome: OECD Publishing / Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Pennisi, G., Gianquinto, G., Marcelis, L. F. M., Martin, M. & Orsini, F. 2025. Vertical farming: productivity, environmental impact, and resource use. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 45, 57. DOI : 10.1007/s13593-025-01055-w.

Raveloaritiana, E. & Wanger, T. C. 2026. Long-term agricultural diversification increases financial profitability, biodiversity, and ecosystem services: a second-order meta-analysis. *Nature Communications*, 17, 1016. DOI : 10.1038/s41467-025-67757-7.

Sun, J. et al. 2024. Regionally adapted conservation tillage reduces the risk of crop yield losses: A global meta-analysis. *Soil and Tillage Research*, 244, 106265. DOI : 10.1016/j.still.2024.106265.

Tuncel, A. et al. 2025. CRISPR-Cas applications in agriculture and plant research. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, 26, 419-441. DOI : 10.1038/s41580-025-00834-3.

United Nations Environment Programme. 2024. Food Waste Index Report 2024. Nairobi: UNEP.

World Health Organization. 2024. Fiscal policies to promote healthy diets: WHO guideline. Geneva: WHO. ISBN 978-92-4-009101-6.

World Organisation for Animal Health. 2025. Terrestrial Animal Health Code, Section 7 — Animal Welfare. Paris: WOAH.

Traité de l'agriculture et de l'élevage

Produire, nourrir et durer
dans un monde de contraintes

Se nourrir n'est jamais un geste simple. Derrière chaque récolte et chaque élevage se jouent des équilibres fragiles : sols, eau, énergie, travail, technique, économie, bien-être animal et souveraineté alimentaire.

Ce traité propose une vue d'ensemble claire et rigoureuse de l'agriculture et de l'élevage. Il examine les fondements biologiques et techniques de la production, les contraintes écologiques et économiques qui la traversent, ainsi que les choix politiques et civilisationnels qu'elle implique.

Un livre pour comprendre comment produire, nourrir et durer.

