



植物工場運営 超入門

Shohei Imamura

PFBoost

Exploitation d'une Ferme Verticale : Guide du Débutant

Table des matières

Introduction

- Structure et utilisation du livre
- Auteur

Chapitre 1 : L'avenir et les perspectives de la ferme verticale

- Ce qu'est une ferme verticale — distinguer les deux types
- Connaître le « présent » de la ferme verticale
- Pourquoi la ferme verticale finit-elle dans le rouge ?
- Comment lire les chiffres sectoriels et l'actualité
- Le réel de la ferme verticale qui rapporte
- Quelle est la différence décisive avec la culture en plein champ et les cultures protégées ?
- Comprendre la distance entre la recherche et le terrain
- Les trois rôles du gestionnaire de ferme verticale

Chapitre 2 : Les connaissances de base de la gestion des cultures

- Quels sont les points clés pour choisir la bonne culture pour une ferme verticale ?
- L'utilisation de l'éclairage LED horticole
- La lumière
- Le système de culture hydroponique
- La gestion de la température
- La gestion de l'humidité
- L'utilisation du CO₂
- La gestion de la CVC et du vent
- Le maniement de l'engrais
- La gestion de la solution nutritive
- Le tip burn
- L'étiollement
- Pour monter encore en niveau dans la gestion des cultures

Chapitre 3 : La gestion des opérations sur le terrain en pratique

- Par où commence-t-on à apprendre la gestion des opérations sur le terrain ? Les trois couches : plantules, chiffres et personnes
- Élaboration de la planification de la production
- Semis
- Production de plants
- Repiquage et plantation définitive
- Récolte et parage
- Travail post-récolte
- Gestion et formation du personnel
- La rigueur de la maîtrise sanitaire
- Analyse des données

Épilogue

Introduction

Une ferme verticale n'est pas un business qui se gagne à coups d'équipements.

Depuis mes débuts dans ce secteur en 2011, j'ai suivi pendant plus de dix ans une dizaine de sites de culture indoor de légumes-feuilles, des petits comme des grands. J'ai vu de grandes entreprises bien financées jeter l'éponge au bout de quelques années. J'en ai vu d'autres, plus discrètes, empiler les petites améliorations jusqu'à stabiliser la rentabilité de leur installation. Et la différence ne tient presque jamais aux équipements ni aux systèmes : elle tient à la manière de faire tourner le terrain. À côté des capteurs dernier cri, quelqu'un continue de tâter l'état des feuilles à la main. Voilà ce qu'est une ferme verticale.

Le terrain, au bout du compte, ça s'apprend sur le terrain. Lire ce livre ne vous rendra pas opérationnel du jour au lendemain. En revanche, arriver avec les connaissances de base sur le secteur et le métier, ça accélère nettement l'apprentissage une fois sur place. Celui qui comprend pourquoi il fait tel geste et ce que tel chiffre veut dire, et celui qui se contente d'exécuter les consignes, ne tirent pas les mêmes leçons d'une même journée.

C'est pour ça que j'ai conçu ce livre **comme celui qu'un chef ou un collègue expérimenté glisse à un nouveau en lui disant : « Tiens, commence par lire ça. »** Un livre de base, pour se faire une première idée d'ensemble du secteur et du métier avant de prendre son poste.

Structure et utilisation du livre

L'ensemble suit trois fils conducteurs.

- **Chapitre 1** : le panorama du secteur des fermes verticales. Quel est ce monde, où il en est aujourd'hui, et l'endroit où les trajectoires se séparent.
- **Chapitre 2** : les fondamentaux de la culture. La lumière, la température, la solution nutritive — comment poussent les légumes, dans les grandes lignes.
- **Chapitre 3** : le travail sur le terrain. Les tâches qui rythment le quotidien, et ce que le responsable surveille de près.

En suivant cet ordre, vous saurez vous situer une fois sur place : « À cet instant précis, où est-ce que je me trouve dans l'ensemble ? »

Une précision, tout de même. Ce livre s'en tient aux fondements du secteur et du métier ; il **n'entre pas dans les décisions qui font vraiment la rentabilité** — où placer le bon réglage, ce qu'on peut tailler dans les coûts, comment bâtir ses canaux de vente, comment juger un investissement, et le reste. Ces sujets-là relèvent du savoir-faire qu'on tire de l'expérience, et chacun est traité dans l'ouvrage jumeau *172 conseils pour améliorer la rentabilité d'une ferme verticale*. Une fois la vue d'ensemble en poche grâce à ce livre, vous l'ouvrirez le moment venu.

Le mieux, avec ce livre, c'est d'en faire un support de formation qu'on remet aux nouveaux. Copiez-le et diffusez-le librement. En revanche, je ne renonce pas au droit d'auteur : pas de modification du contenu.

Auteur



Shohei Imamura

Entré dans le secteur des fermes verticales en 2011. D'abord opérateur sur le terrain, puis responsable d'une équipe support, il a participé au lancement et à l'exploitation de plus de dix fermes verticales de toutes tailles, et formé en tout plus de 600 personnes.

De cette expérience, il tire une conviction : ce qui décide de la rentabilité d'une ferme verticale, ce ne sont pas les équipements ni les systèmes, mais le savoir-faire et les connaissances de ceux qui les font tourner. Il exerce aujourd'hui en indépendant et accompagne les fermes verticales — conseil en rentabilité, soutien opérationnel et contenus spécialisés.

Chapitre 1 : L'avenir et les perspectives de la ferme verticale

Bienvenue. Ce dans quoi vous vous apprêtez à entrer, c'est le monde de la « ferme verticale » — un monde difficile à déchiffrer de l'extérieur. Je suis dans ce secteur depuis 2011, et pendant plus de dix ans, sur plus de dix sites, j'ai vu des installations PFAL produire des légumes feuilles. Le chaos des démarrages, les sites qui ont jeté l'éponge, les fermes qui ont continué à dégager modestement des bénéfices, dans la discrétion. Dans ce chapitre, pour vous qui venez tout juste d'arriver sur le terrain, je veux vous donner une bonne fois la vue d'ensemble du secteur, de bout en bout. Le détail de comment gagner de l'argent, je le laisse aux chapitres suivants et à *172 conseils* ; ici, je vais d'abord parcourir en ligne droite « ce qu'est une ferme verticale, où elle en est aujourd'hui, et là où les chemins se séparent » — comme un ancien du terrain qui parlerait à un nouveau. Ne réfléchissez pas trop. Lisez simplement pour saisir les contours de l'ensemble.

Ce qu'est une ferme verticale — distinguer les deux types



Quand on entend les mots « ferme verticale », la plupart des gens imaginent une ligne de production. Appuyez sur un bouton et des produits standardisés sortent en continu ; installez l'équipement et vous pouvez tout produire en masse à moindre coût — c'est l'intuition qu'une usine mécanique a ancrée en nous. Mais si vous y entrez en gardant cette intuition en tête, vous vous méprendrez presque toujours sur ce que vous voyez. Deux choses peuvent porter le même nom de « ferme verticale » et pourtant être, à l'intérieur, aussi différentes que deux

espèces vivantes distinctes. Commençons donc par garder cette distinction à portée de main.

Le soleil ou tout fabriquer à l'électricité ?

Il y a une seule ligne de partage qui compte vraiment. Utilisez-vous la lumière du soleil, ou fabriquez-vous vous-même la lumière à l'électricité ?

Le type qui utilise la lumière solaire — ce qu'on appelle le type **serre** — imaginez-le comme un prolongement de la serre en film plastique. La lumière entre gratuitement par le toit. Ce qui ressemble à une usine, c'est tout le reste, hors lumière — la température, l'humidité, le CO₂, l'arrosage : la mesure et le contrôle de tout cela. C'est une installation qui maîtrise non pas la lumière, mais tout ce qui n'est pas la lumière.

L'autre type, le **PFAL complet** (*culture indoor* totale), coupe entièrement le soleil dans une pièce sans fenêtre. Et par-dessus, il rachète à l'électricité la lumière qui était gratuite à l'origine, et la reconstruit lui-même. Pas seulement la lumière, mais aussi la climatisation et l'humidité — tout passe par l'électricité, pour reproduire le temps extérieur à l'intérieur de la pièce. C'est le prix à payer pour se couper du monde extérieur. Ce dans quoi j'ai passé plus de dix ans, c'est ce type-là : un site produisant des légumes feuilles en culture indoor. Quand j'écris « ce que j'ai vu » dans ce livre, considérez-le, en principe, comme un récit cadré ainsi. Le type serre, ainsi que les exemples de légumes fruitiers ou de grandes exploitations à l'étranger, je ne les aborde ici qu'à titre d'estimations tirées d'articles et de premiers principes. Dans ce livre, sauf indication contraire, quand je dis « ferme verticale », je veux dire le PFAL complet. C'est aussi, en général, là qu'un nouveau venu est affecté en premier.

Pourquoi les cultures se concentrent sur les légumes feuilles

Laitue, épinards, baby leaf. Dans les discussions sur les fermes verticales, ce dont on entend parler, c'est, la plupart du temps, des légumes feuilles. La raison découle naturellement de la contrainte de racheter la lumière à l'électricité. Les légumes feuilles n'exigent pas beaucoup de lumière, ils sont bas, et on peut en empiler de nombreux niveaux sur des étagères. Leur période de croissance est courte, elle aussi. Ils justifient donc tout juste le coût de fabriquer la lumière à l'électricité.

Avec les cultures fruitières, en revanche, l'ordre de grandeur change. Des cultures fruitières comme la tomate exigent une grande quantité de lumière, et plus elles grandissent, plus la

lumière peine à atteindre les feuilles inférieures, si bien que le rendement baisse d'autant. Avec les aliments de base comme le riz ou le blé, c'est encore plus marqué. Ce qui peut être produit commercialement sous lumière artificielle complète se limite donc, pour l'instant, principalement aux légumes feuilles de petite taille.

C'est là que le mot « usine » vous trahit. Une usine ordinaire vous permet de fabriquer une gamme de produits plus large à mesure que vous installez plus d'équipements, mais la lumière artificielle complète d'une ferme verticale fonctionne à l'inverse — si tant est qu'il y ait un effet, la gamme de ce que vous pouvez produire se resserre. Et ce qui pousse à l'intérieur est vivant : ce n'est pas parce que la demande a chuté que vous pouvez mettre la ligne en pause puis la redémarrer au même point. Une fois la graine semée, qu'elle se vende ou non, elle pousse au rythme de sa propre croissance. Ce n'est pas un dispositif pour tout produire en masse à moindre coût, mais un dispositif pour sortir de façon stable un ensemble limité de cultures, à l'abri des aléas météorologiques — pas une usine qui augmente les volumes, mais une usine qui efface les variations.

Ne pas appliquer les chiffres du secteur à soi-même tels quels

Une fois que vous commencez à vous renseigner sur « ce que donne vraiment une ferme verticale », ce qui vous reste d'abord entre les mains, c'est, en général, des chiffres. « Le taux de déficit est de tant de pour cent. » « L'investissement initial se chiffre en milliards. » Ce livre aussi examinera plus loin de tels chiffres sectoriels. Mais laissez-moi dire d'abord une chose : un chiffre de ce genre, à lui seul, ne peut pas servir de mesure pour votre propre projet tel quel. C'est une moyenne qui aligne sur une même rangée des choses qui diffèrent par leur type, leur culture et leur échelle. Rien ne garantit que votre combinaison corresponde à un taux de déficit qui a comptabilisé pêle-mêle la laitue en lumière artificielle complète, la tomate en serre et un petit établissement semi-amateur, tous étiquetés « fermes verticales ». Comment lire les chiffres eux-mêmes, j'y reviendrai dans une section ultérieure.

L'ordre dans lequel vérifier

Enfin, une seule chose à poser comme fondement. Quand vous examinez des fermes verticales, si vous essayez de trancher en partant du type, vous vous perdrez généralement. Ma recommandation, c'est l'inverse : commencez par la **sortie**. Qui achètera quoi, pourquoi, et à quel prix. Une fois cela fixé, la **culture** que vous voulez se trouve fixée ; une fois la culture

fixée, le **type** est presque entièrement déterminé par l'intensité lumineuse requise et la hauteur des plantes ; et c'est seulement alors que vous pouvez lire les **chiffres** des autres, en ne retenant que les cas dont les conditions correspondent aux vôtres. Sortie, culture, type, chiffres. Tant que vous ne brisez pas cet ordre, vous ne partirez pas très loin dans la mauvaise direction.

Quel canal de vente est rentable pour quelle culture — ce jugement relève de la conception même des revenus, donc dans ce livre je m'arrête à l'entrée et laisse le jugement approfondi à *172 conseils*. Pour l'instant : qu'il existe deux types, la raison pour laquelle cela penche vers les légumes feuilles, et qu'il faut découper les chiffres avant de les lire. Gardez ces trois éléments en tête, et allons maintenant regarder le « présent ».

Connaître le « présent » de la ferme verticale

Je suis entré dans le secteur des fermes verticales en 2011, à l'époque de ce qu'on appelait le « boom des fermes verticales ». Les grandes entreprises se lançaient les unes après les autres, de nouvelles fermes verticales se construisaient partout dans le pays, et les médias en parlaient comme de « l'agriculture du futur ».

Mais la suite ne s'est pas déroulée comme espéré. Même les grandes entreprises dotées de capitaux et d'une force de marque ont décroché les unes après les autres, en l'espace de quelques années. Installer les équipements les plus avancés ne garantissait pas la réussite, on l'a bien vu. La frénésie de construction de cette époque est retombée, et la façon dont le sujet revient dans les conversations a changé, elle aussi.

Pourquoi cela attire-t-il à nouveau l'attention ?

Même si les annonces d'abandon se sont succédé, l'intérêt pour les fermes verticales s'est, au contraire, à nouveau renforcé ces dernières années. La raison est claire : pouvoir s'assurer une alimentation stable — ce qu'on appelle la sécurité alimentaire — est une préoccupation qui monte dans le monde entier.

Le déclencheur, c'est en général un moment où « la nourriture risque de ne plus arriver de l'extérieur ». Quand une maladie infectieuse paralyse la logistique, quand un conflit rend les routes de transport instables — à chaque fois, les demandes de renseignements sur les fermes verticales augmentent. Ce schéma se répète. Une ferme verticale est moins une

technologie pour réduire le coût du transport qu'une technologie qui permet de continuer à produire sans dépendre du transport du tout. Même si la logistique s'arrête, on peut continuer à produire à l'intérieur de l'installation. C'est pourquoi elle est réévaluée, d'un œil neuf, comme « un moyen de produire des aliments sur son propre sol, à l'abri des aléas météorologiques et des affaires internationales ».

Cela se manifeste d'autant plus fortement dans les régions où l'environnement se prête mal à l'agriculture. Là où le climat et le sol ne conviennent pas à l'agriculture, où l'eau est rare, et où la majeure partie de la nourriture dépend des importations — dans ces régions, la ferme verticale est moins un choix de gestion qu'une question directement liée à la sécurisation des aliments à l'échelle nationale. L'étalon de la rentabilité y est, dès le départ, différent de celui d'un pays comme le Japon, où l'on a tendance à dire que « l'électricité est chère, donc le jeu n'en vaut pas la chandelle ». Dans les régions où cultiver en plein champ est déjà difficile en soi, l'inconvénient du « coût élevé de la ferme verticale » pèse relativement moins lourd, et il devient plus facile qu'elle tienne comme une entreprise viable. Les gains et les pertes d'une ferme verticale changent de visage selon l'endroit et selon qui les regarde.

Cela dit, tout n'est pas positif. La ferme verticale dépend des importations pour une grande partie de ses équipements et matériaux — LED, systèmes de contrôle, milieux de culture, canalisations. On veut construire l'installation précisément parce que la nourriture cesse d'arriver quand le transport s'arrête, et pourtant les pièces mêmes pour construire cette installation sont, elles aussi, à la merci du transport — cette contradiction, il faut la garder honnêtement à l'esprit. La situation n'est pas assez nette pour qu'on puisse simplement décréter « et c'est justement pour ça que la ferme verticale s'impose ».

Lire les entreprises entrantes non par le « nombre » mais par « où elles font de l'argent »

Quand l'attention se concentre, vous avez aussi plus souvent l'occasion de parcourir la liste des entreprises qui se lancent. Des titres comme « encore un acteur majeur qui se lance » et « cette entreprise aussi a décroché » défilent régulièrement.

Dans ces moments-là, vous avez tendance à juger au nombre — « si autant de monde s'y presse, ça doit être prometteur. » Mais regardez la composition de près, et vous remarquez qu'elle est hétéroclite. Il y a des industriels qui faisaient à l'origine des semi-conducteurs ou de

l'électronique ; il y en a qui viennent de la restauration ou de la distribution ; et il y a des nouveaux venus comme les start-up agricoles. Même si vous additionnez tout cela en « X entreprises lancées », il s'agit, le plus souvent, d'un simple agrégat de gens qui font en réalité des choses distinctes.

La grille à laquelle j'en suis arrivé, c'est de les répartir en trois couches selon l'endroit où elles bâtissent leurs revenus — autrement dit, « où elles gagnent leur argent ».

La première est la **couche qui gagne son argent en vendant des équipements et des installations**. Nombreuses sont les industrielles, et pour elles, les légumes tiennent de la démonstration destinée à montrer la puissance de leurs propres équipements. Ce qu'elles veulent vendre, c'est le dispositif, pas les légumes eux-mêmes — ce genre d'entreprises est bien visible. La deuxième est la **couche qui vend à l'extérieur les légumes qu'elle a cultivés**. Les start-up agricoles et les acteurs spécialisés sont ici, en concurrence réelle sur « le prix des légumes ». La troisième est la couche qui, comme la restauration et la distribution, **produit pour son propre usage**. Celle-là n'est même pas en concurrence pour vendre des légumes sur le marché.

Ces trois couches, bien que rangées sous la même bannière de « gérer une ferme verticale », diffèrent complètement par leurs concurrents et par les conditions dans lesquelles le profit en ressort. Donc le fait qu'il y ait beaucoup d'entreprises ne signifie pas que la concurrence est féroce. Ce qui compte, c'est quelle couche se concentre, et dans quelle mesure, autour du canal de vente que vous visez. Si des couches qui vendent des légumes se disputent le même rayon de supermarché, alors ce rayon est vraiment encombré. Mais les industriels qui veulent vendre des équipements ne sont pas vraiment en concurrence sur ce rayon. Le chiffre « X entreprises lancées » ne vous dit presque rien sur l'encombrement réel du canal de vente que vous cherchez à intégrer.

Tant que vous êtes nouveau, en lire jusqu'ici suffit. Quand vous voyez dans l'actualité des chiffres d'entrées et de sorties, prenez l'habitude de marquer une pause pour les trier : « est-ce une histoire de vente d'équipements, de vente de légumes, ou d'usage interne ? » Cela seul rend le paysage du secteur bien plus tridimensionnel. Quelle tranche viser pour sa propre entreprise, et où sont les ouvertures — discerner cela pour de vrai et agir en conséquence relève, à partir de là, du jugement de gestion, donc dans ce livre je m'arrête à l'entrée et laisse la lecture plus approfondie à *172 conseils*.

Ce qui a changé, ce qui n'a pas changé

Sur ces dix ans et plus, certaines choses ont assurément changé. Les performances de l'éclairage LED ont considérablement progressé. Quand je suis arrivé sur le terrain pour la première fois, il y avait encore des fermes qui utilisaient des tubes fluorescents. La gestion des données de culture et la rationalisation des systèmes ont elles aussi avancé. Sur le plan technique, les progrès ont été constants.

D'autres choses n'ont pas changé. Ce que je ressens fortement après plus de dix ans dans ce secteur, c'est que **ce qui gouverne la rentabilité d'une ferme verticale, ce n'est pas l'équipement ni le système, mais les « personnes » qui le font fonctionner**. À côté du tout dernier capteur IoT, un membre du personnel vérifie l'état des feuilles à la main. À côté du contrôle environnemental piloté par IA, le « feeling » d'un vétéran est à l'œuvre. La ferme verticale, c'est ce genre d'endroit.

Même ainsi, la ferme verticale recèle des possibilités

Honnêtement, je ne pense pas que ce soit une situation à voir avec optimisme. Pourtant, il y a bel et bien des fermes qui dégagent des bénéfices même dans des conditions difficiles. Ce qu'elles ont en commun, c'est de savoir « comment faire fonctionner le terrain ».

Non pas la qualité de l'équipement, mais à quel point les membres du personnel de terrain comprennent la culture et à quel point ils accumulent jour après jour les bons jugements. J'ai vu, encore et encore, des fermes qui ont énormément changé grâce à la plus petite des améliorations.

Production stable insensible à la météo, haute productivité sur une surface limitée, forte réduction de l'usage des pesticides. Ces atouts ont de la valeur dans de nombreuses régions. Et tant que la demande de sécuriser sa nourriture par ses propres moyens continuera de croître dans le monde, les situations où cette technologie devient nécessaire ne feront que se multiplier. Dans ce livre, je transmettrai les connaissances fondamentales qui en constituent la base, sous forme de vue d'ensemble.

Mais toutes ces possibilités n'empêchent pas la réalité d'être rude. Ensuite, nous regarderons l'autre côté — la « dure réalité » — en face : pourquoi tant de fermes souffrent dans le rouge.

Pourquoi la ferme verticale finit-elle dans le rouge ?

Possibilités ou non, la réalité, c'est que de nombreuses fermes se retrouvent acculées à une gestion difficile.

- « L'investissement en capital a coûté trop cher. »
- « Les légumes ne poussent pas comme je l'espérais. »
- « Je les ai fabriqués, mais ils ne se vendent pas. »

Ce sont des phrases qu'on entend souvent sur le terrain. Pourquoi tant de fermes souffrent-elles dans le rouge ?

La première chose à retenir, c'est que l'étiquette globalisante « la ferme verticale est une industrie déficitaire » est ce qui émousse le plus le jugement. À voir et revoir des titres comme « 60% sont dans le rouge », on finit par admettre naturellement que « c'est comme ça dans ce secteur ». Mais quand on regarde les fermes une par une, dans les faits, il y en a qui font des bénéfices et d'autres qui font des pertes, et on commence à voir d'où vient cette différence. Ce que je ressens, après avoir travaillé sur des sites de culture indoor pendant plus de dix ans et dans plus de dix endroits, c'est que la véritable ligne de partage n'est pas de savoir de quel secteur il s'agit, mais « comment c'est construit ».

Les « pertes de la phase de démarrage » et les « pertes structurelles » sont des choses différentes

On dit « pertes » d'un seul souffle, et pourtant des choses de natures différentes s'y mêlent. Les regrouper toutes en « dans le rouge, donc ça ne va pas », sans les distinguer, est la chose la plus dangereuse qui soit.

L'une est la perte de la phase de démarrage. Une ferme verticale amortit ses équipements même quand elle ne tourne pas. En phase de démarrage, les étagères restent vides pendant quelques mois, et le rendement, lui aussi, met du temps à atteindre le chiffre prévu, plus bas qu'espéré au début. Les premières années ont donc tendance à être déficitaires. Mais c'est une perte qui se réduit chaque mois à mesure que le taux d'exploitation monte et que le rendement se stabilise. On pourrait dire qu'on est à mi-chemin du déroulé normal d'un investissement qui chemine vers son remboursement.

L'autre est la perte structurelle. L'exploitation et le rendement ont tous deux atteint leur maximum, et pourtant l'ampleur de la perte ne bouge pas. Ce n'est plus un problème de démarrage ; c'est une perte scellée au stade de la conception, dont on ne peut pas s'échapper

tant qu'on produit cette culture avec cet équipement.

Ce qu'il faut regarder, ce n'est pas le signe — est-ce dans le rouge ou non —, mais dans quelle direction cette perte évolue avec le temps. Si la perte se réduit à mesure que le temps passe, c'est une perte de la phase de démarrage. Si elle ne bouge pas avec le temps, c'est une perte structurelle. La première réclame de la trésorerie et de la patience ; la seconde réclame de revoir la culture, voire d'abandonner — les actions à entreprendre sont complètement différentes.

Les trois leviers qui font bouger la rentabilité

Alors, dans ce « comment c'est construit », qu'est-ce qui décide de la rentabilité ? Les listes d'avantages et d'inconvénients s'étirent sur de nombreux éléments, mais les leviers qui font vraiment bouger la rentabilité se ramènent, en fin de compte, à trois. **L'électricité, les canaux de vente et l'expertise terrain.** La majeure partie de l'argent qui sort, c'est l'électricité ; ce qui plafonne l'argent qui entre, c'est le canal de vente ; et ce qui influe finalement sur les deux, c'est l'expertise terrain — dans quelle mesure vous parvenez réellement à récolter sur le terrain.

Ces trois-là diffèrent par nature. L'électricité et les canaux de vente peuvent être fixés sur le papier avant le début des travaux. À quel prix vous tirez l'électricité, ce que vous produisez et à qui vous le vendez. Ces éléments peuvent se décider à l'avance, au stade des plans et des contrats. L'expertise terrain, en revanche, est un multiplicateur qui n'entre en jeu qu'une fois la production lancée. À équipement égal, prix unitaire d'électricité égal et canal de vente égal, la quantité que vous récoltez et sa qualité changent du tout au tout selon la façon dont le terrain est mené. L'expertise terrain est donc la variable qui vient mordre en dernier sur la rentabilité, et vous devez la maîtriser à part.

L'ordre compte. Avant tout, celui qu'il faut examiner en premier, c'est le canal de vente. Des trois, c'est celui qu'on remet le plus facilement à plus tard, et celui sur lequel il est le plus impossible de revenir. La distinction se fait assez bien avec une seule question : « Avant de produire, a-t-on décidé qui achète combien, à quel prix, chaque semaine ? » Un projet incapable de répondre à cela avec des chiffres est dangereux, aussi rutilant que soit son équipement. À l'inverse, si c'est rempli, vous pouvez de là remonter jusqu'à l'échelle dont vous avez besoin et jusqu'au plafond de coûts fixes que vous pouvez vous permettre. Si l'ordre est

inversé — l'équipement est là d'abord et vous cherchez un acheteur —, c'est en soi un symptôme du côté déficitaire.

Et permettez-moi de souligner un renversement qu'on voit souvent sur le terrain. Parmi les fermes dans le rouge, il se glisse quelque part une « belle installation ». Les sites qui ont installé le tout dernier équipement et qui tournent à plus grande échelle peuvent être justement ceux qui semblent le plus profondément dans le rouge. En bonne logique, le meilleur équipement devrait procurer plus d'avantage — et pourtant. Le mécanisme est simple : si vous mettez l'équipement en premier sans remonter depuis le canal de vente, cet investissement pèse comme un coût fixe avant même que les ventes ne se mettent en place. Les LED, la climatisation, la ligne automatisée — l'amortissement mensuel court même à un taux d'exploitation nul. Ce n'est pas la beauté de l'installation qui engendre le rouge ; c'est l'équipement qui a pris de l'avance pendant que le canal de vente était laissé de côté, et qui ressurgit sous une forme visible.

Un défi a une « couche de plafond » et une « couche de taux d'atteinte »

Autrement dit, les défis d'une ferme verticale se divisent en deux couches.

L'une est la couche qui décide du plafond même de bénéfice que la ferme peut atteindre en un an. « Quoi produire, et où le vendre » — la combinaison de la culture et du canal de vente fixe en silence, dès le début des travaux, la limite supérieure de coût que la ferme peut porter. Une fois construite, aucun effort sur le terrain ne peut revenir là-dessus.

L'autre est la couche qui décide dans quelle mesure vous pouvez rapprocher les résultats réels du plafond ainsi fixé. Comment l'électricité est utilisée, comment les personnes sont déployées, le rendement. Le fonctionnement quotidien relève d'ici. Les tracas qui surgissent comme problèmes appartiennent à cette couche, dont le rôle est d'élever le taux d'atteinte vers le plafond fixé plus haut.

Donc, dans l'ordre : avant de construire, vous relevez le plafond lui-même dans la couche supérieure ; une fois construit, vous le récoltez par l'exploitation. Un échec courant consiste à vouloir tout rattraper par la seule exploitation alors que le plafond reste bas. La sensation de « tape-tape » — réduire l'électricité fait chuter le rendement, réduire le personnel laisse d'autres choses sans surveillance — surgit généralement quand vous cherchez à regagner du terrain par la seule exploitation, sans tenir compte des contraintes posées en amont. Avant de

commencer à taper, allez voir une bonne fois « quel choix en amont a engendré ce symptôme ». Ensuite, sur cette base, resserrez l'exploitation. C'est une question d'ordre.

L'électricité est à la fois le plus grand coût et la plus grande charge environnementale

Des trois leviers, l'électricité a quelque chose de particulier. Elle est à la fois l'un des postes de dépense les plus lourds et le principal facteur de la charge environnementale d'une ferme verticale. Côté coût comme côté environnement, tout revient à l'électricité.

Cela tient à la fatalité de la méthode PFAL. La lumière que le champ en plein air recevait gratuitement du soleil, le PFAL la rachète à l'électricité. Aussi, dans un PFAL, l'électricité représente environ 20 à 40% du coût de production, et la majeure partie de cette électricité part dans l'éclairage. Comparée au plein champ, l'énergie par récolte devient considérablement plus élevée. Ce qui pèse lourd en coût pèse, par là même, lourd en charge environnementale. Si les mesures de réduction d'électricité font baisser en même temps la facture d'électricité et la charge environnementale, c'est en raison de cette structure.

Cela dit, voici une chose à garder à l'esprit : les postes de coût bougent de concert. Si, en cherchant à réduire l'électricité, vous serrez trop l'éclairage ou la climatisation, une plantation plus dense peut faire étuver et abîmer les feuilles inférieures, ou les rebuts au tri peuvent augmenter — et vous pouvez perdre plus en rendement que ce que vous avez économisé sur la facture d'électricité. Le coût n'est pas quelque chose qu'on rogne à un seul endroit isolément ; l'ordre dans lequel vous réduisez, et le discernement de jusqu'où réduire, entrent en jeu. La manière concrète de porter ces jugements dépasse la portée de ce livre. Le discernement des valeurs optimales et le jugement de réduction des coûts, la conception des canaux de vente, le jugement d'investissement — ces examens plus approfondis directement liés à la rentabilité sont traités en détail dans le volume complémentaire, *172 conseils pour améliorer la rentabilité de la ferme verticale*. Ici, il suffit de saisir l'entrée de la façon de penser — voir le rouge non par le signe mais par la pente ; que la rentabilité se décide par les trois que sont l'électricité, les canaux de vente et l'expertise terrain ; et qu'un défi a une couche de plafond et une couche de taux d'atteinte.

Comment lire les chiffres sectoriels et l'actualité

Une fois que la structure du rouge devient consciente, ce sont, cette fois, les chiffres sectoriels et l'actualité qui circulent partout qui commencent à vous préoccuper. Sur le terrain, ils vous sautent aux yeux, que vous le vouliez ou non. « Le marché est de l'ordre de X milliards. » « La moitié sont dans le rouge. » « Un acteur majeur a encore décroché. » Un ancien peut vous tendre un rapport en disant « tiens, lis ça ». Ce qui vous trouble, c'est qu'au moment d'appliquer l'un de ces chiffres à votre propre ferme, quelque chose ne colle pas tout à fait. Plus le chiffre que vous regardez est gros, plus il paraît, au contraire, inutilisable pour le jugement qui est devant vous sur le terrain. Ce décalage a une bonne raison. Ici, je vais vous remettre un étalon pour ne pas vous laisser balloter par les chiffres. La lecture approfondie, je la laisse à *172 conseils* ; juste l'entrée ici.

« La moitié sont dans le rouge » pointe vers une moyenne qui n'existe pas

Ce qui retient d'abord l'attention, c'est cette seule phrase : « la moitié des fermes verticales sont dans le rouge. » J'entends souvent parler de cas où ce chiffre a dissuadé quelqu'un de se lancer ou de s'agrandir. Mais c'est une moyenne qui mélange PFAL et serre, légumes feuilles et légumes fruitiers, tous ensemble. La structure de rentabilité est une chose totalement distincte pour chacun, donc la moyenne pointe vers un « quelque part » qui n'existe pas, et ne vous dit rien sur le côté où vous, vous vous trouvez.

En réalité, même dans de récentes enquêtes de terrain, dès que vous redécoupez par type, le paysage bascule dans l'autre sens. Le PFAL reste à peu près pour moitié du côté déficitaire, et son fer de lance, ce sont les légumes feuilles de type laitue. Pourtant, dans la même enquête, quand vous tournez les yeux vers la serre, plus de 70% sont dans le noir ou à l'équilibre, et là le fer de lance, ce sont les légumes fruitiers comme la tomate. Comptez en centrant sur la laitue et c'est « moitié dans le rouge » ; du côté de la tomate, les bénéfices sont nombreux. La même « ferme verticale », et pourtant, rien qu'en redécoupant la population par type et par culture, le titre et le paysage s'inversent.

Donc quand vous voyez un taux de déficit dans un rapport sectoriel, vérifiez d'abord « quel type et quelle culture ce chiffre additionne-t-il ». C'est le premier étalon.

Une nouvelle d'abandon ne mesure pas les perspectives futures de cette ferme

Quand je suis entré pour la première fois dans le secteur, le terrain s'agitait à chaque annonce d'abandon d'un acteur majeur. « Bon, c'est vraiment sans espoir. » Mais quand vous

examinez de l'extérieur le dessous d'un abandon, l'histoire technique du « les légumes ne poussaient pas » vient rarement au premier plan. Ce qui ressort, c'est la facture d'électricité qui s'est alourdie peu à peu, les acheteurs qui ne se sont pas développés autant que prévu, les gens qui n'ont pas tenu. Ce qui s'arrête, ce n'est pas la technologie de production, mais le fait de continuer à faire tourner l'exploitation, année après année.

Si c'est le cas, alors juger que « le secteur est fini » à l'humeur du jour où une annonce d'abandon fait les titres est hors de propos. Savoir si le secteur dans son ensemble croît ou s'éteint, et savoir si la ferme qui est devant vous tient, sont deux questions distinctes. Quand vous examinez un cas de l'extérieur, votre point d'appui, c'est la façon dont cette ferme soutient les quatre éléments que sont l'électricité, le capital, les canaux de vente et les personnes. Où, à quel prix et sur un contrat de combien d'années s'approvisionne-t-elle en électricité ? Le capital est-il étiré sur un montage qui va au-delà du point où la subvention s'épuise ? Les acheteurs ne sont-ils pas concentrés sur une seule entreprise ? Les personnes ne changent-elles pas sans arrêt ? Même sans pouvoir regarder à l'intérieur, des contours comme ceux-là, vous pouvez les dénombrer de l'extérieur.

Cela dit, passer de là à parier « et donc elle va décrocher », c'est impossible. Les mêmes déséquilibres se retrouvent d'ordinaire jusque dans les fermes qui poursuivent silencieusement dans le noir. Ce que la forme extérieure vous dit, c'est, au mieux, des candidats pour des points faibles. Voyez cela comme un dénombrement non pas pour prédire, mais pour voir la fragilité à l'avance.

Le bénéfice d'une entreprise cotée est un bénéfice gagné par son activité principale. Vous pouvez aussi prendre le nom d'une entreprise cotée comme repère, en vous disant « pour les fermes verticales, c'est cette entreprise-là ». Si les résultats sont dans le noir, vous pouvez être rassuré pour l'instant et passer à autre chose — mais d'où vient ce bénéfice ? Quand vous alignez les données de segment des entreprises cotées qui font de la ferme verticale, une certaine forme se dégage, commune à beaucoup d'entre elles. La partie ferme verticale est dans le rouge, et pourtant l'entreprise dans son ensemble est dans le noir. L'activité principale est un fabricant d'électronique, ou de l'acier, ou de la logistique, qui gagne solidement de ce côté-là, et elle porte la ferme verticale comme une nouvelle activité. Autrement dit, ce que vous voyez, ce n'est pas la viabilité commerciale de la ferme verticale,

mais la profondeur des poches de l'activité principale. Quand j'étais moi-même du côté opérationnel d'une ferme PFAL, il m'arrivait de sentir dans mes os cet air de « cette entreprise est protégée par la maison-mère ». Tant que l'activité principale est rentable, il y a bel et bien des fermes qui n'ont aucune raison de s'arrêter, même dans le rouge.

Le cours de l'action, c'est pareil. En voyant le titre « les actions des fermes verticales montent », vous avez envie de le lire comme l'élan du secteur, mais ce qui s'achète, c'est, en fin de compte, l'activité principale. On ne peut pas en isoler une quelconque évaluation de la ferme verticale. Avant de vous rassurer sur les chiffres de l'entreprise dans son ensemble ou sur le cours de l'action, l'étalon, c'est de pouvoir regarder ceci à part : par l'attente de qui, et de quelle nature, la ferme verticale elle-même est-elle soutenue ?

Le succès à l'étranger est créé par l'emplacement, pas par l'installation

En lisant un compte rendu de visite de Singapour ou des Pays-Bas, ne vous est-il jamais arrivé de penser à moitié « et si on faisait ça au Japon... » ? Rendement élevé, retour sur investissement rapide. Mais au moment de recopier les chiffres dans votre plan, votre main se fige soudain. La prémisses sur la facture d'électricité est, dès le départ, différente.

Si les pôles pionniers ont grandi, la raison semble tenir non pas tant à l'intérieur de l'installation qu'au pays lui-même. Singapour place l'autosuffisance alimentaire au cœur de sa sécurité et verse des subventions, créant la demande par politique publique. Les Pays-Bas ont pour socle une culture de la serre héritée de l'époque où le gaz naturel était bon marché, et par-dessus, le vaste marché européen est juste à côté, relié par voie terrestre. Électricité bon marché, subventions généreuses, gros canal de vente à proximité — ce qui a grandi, ce sont les endroits où plusieurs de ces conditions d'emplacement se sont superposées d'un coup ; ce n'est pas que l'installation y était remarquablement supérieure. Au Japon, le prix unitaire de l'électricité est structurellement élevé, les subventions sont ponctuelles et difficiles à anticiper, et il n'y a pas de rayon généreux où la laitue d'une ferme verticale puisse facilement se glisser. Contentez-vous de construire la même installation, et vous n'obtiendrez pas le même résultat. Donc les cas étrangers ne sont pas à lire comme un palmarès du « quel pays imiter », mais pour aligner une à une les prémisses étrangères et les prémisses japonaises et voir l'écart entre elles. Pour voir la frontière entre les conditions transférables et celles qui ne le sont pas. C'est le quatrième étalon.

Utiliser les chiffres en deux étapes

Arrivé ici, vous commencez à vous demander si le total « marché de X milliards » que vous regardiez en premier n'a finalement plus à être regardé. Mais nul besoin de le jeter. Changez simplement son rôle.

Le total n'est pas un chiffre qui répond à « puis-je gagner de l'argent », mais un chiffre pour lire « les acteurs de ce marché vont-ils se multiplier à partir de maintenant ». Où vous vendez et le prix des équipements ne se décident pas par vous seul ; ils bougent à mesure que les entrants se multiplient. Et que cette croissance se produise dans les légumes fruitiers de la serre ou dans les légumes feuilles du PFAL retombe sur votre propre terrain de façons complètement différentes. Si les fabricants qui visent le même canal de vente que vous se sont multipliés, l'offre augmente et tire le prix de vente vers le bas. Donc gardez le total comme entrée pour lire l'ordre de grandeur et la direction des entrées — autrement dit, la direction du vent.

Dans l'ordre : saisissez le grand flux avec le total, et tranchez les questions de votre propre ferme avec les chiffres de votre propre bloc — cette posture en deux temps. Les chiffres et l'actualité du secteur ne sont pas votre réponse à eux seuls ; servez-vous-en pour lire dans quel sens vont pencher, à partir de maintenant, les prémisses sur lesquelles vous fondez votre réponse. Adoptez cette posture, et vous saurez vous garder de vous laisser balloter, un élément à la fois, par les annonces d'abandon et par la taille du marché. Comment placer concrètement les chiffres de votre bloc, et comment discerner le prix de vente et l'échelle — les gestes concrets sont traités en détail dans *172 conseils*.

Le réel de la ferme verticale qui rapporte

Dans la lecture des chiffres, j'ai dit « tranchez dans votre propre bloc ». Alors, les fermes qui dégagent réellement des bénéfices dans ce bloc — qu'est-ce qui les distingue ? Nous n'avons regardé que des histoires de rouge, mais dans ce même secteur il y a bel et bien des fermes qui gagnent de l'argent. Si vous en faites une chasse au modèle gagnant — « faites comme cette entreprise et vous gagnerez » —, vous vous ferez généralement faucher les jambes. Le réel des fermes qui gagnent de l'argent se situe quelque part d'un peu plus sobre, et d'un peu plus honnête.

Un cas de succès n'est pas un « modèle gagnant » mais un « ensemble de conditions »

Quand un collègue exploitant vous dit « nous sommes passés dans le noir avec la laitue », vous avez tendance à vouloir savoir comment — « comment avez-vous fait ? » La personne parle concrètement du rendement et des canaux de vente. Mais plus vous l'écoutez, moins il vous semble que vous pourriez recopier ça tel quel chez vous. L'emplacement est différent, les conditions sur la facture d'électricité sont différentes. Ce sentiment de « plus j'écoute, moins ça me paraît reproductible » est la réaction la plus honnête.

Un cas de succès de ferme verticale n'est pas un modèle gagnant copiable, mais un « **ensemble de conditions** » qui ne fonctionne que lorsque l'emplacement, la source d'énergie, le canal de vente et la culture s'enchaînent par chance. Donc qu'une seule condition diffère, et la même façon de faire donne un autre résultat. Pas de mauvaise foi de la part de celui qui parle. L'emplacement était béni par le climat et le terrain, il y avait à proximité un canal de vente qui prenait le produit régulièrement — de telles « prémisses qui étaient déjà en place » sont, pour cette personne, trop évidentes pour être mentionnées, et tombent donc proprement hors du récit de succès.

Ces quatre-là ne forment pas un cadre exhaustif prétendant couvrir toutes les conditions de succès. C'est le premier étalon pour décomposer un cas en « copiable ou non ».

L'emplacement et la source d'énergie sont des conditions fixées en premier et inamovibles ; le canal de vente et la culture sont des conditions que vous pouvez recombinaison par la suite.

D'abord, défaites l'ensemble selon cette ligne. Et ce qu'il ne faut pas oublier, c'est qu'il y a une couche de plus. Même si les quatre conditions sont réunies, si les personnes qui le font fonctionner partent, la qualité s'effondre. **Le succès comme l'échec, c'est le même ensemble de conditions, plus l'expertise terrain qui le fait fonctionner, vu depuis un côté différent.**

Les cas d'échec sont exactement ceux qui vous apprennent la condition manquante

Les fermes qui ont décroché ne s'accumulent pas en cas exploitables. Ce qui fait surface, ce ne sont que les histoires de celles qui sont passées dans le noir, et les fermes qui ont disparu ont tendance à être balayées d'une seule phrase : « c'était une erreur de jugement de gestion ». Mais cette façon de les balayer est, au fond, la même que de recopier un cas de succès en

bloc. Dans l'histoire de succès, les « prémisses qui étaient en place » tombent. Dans l'histoire d'échec, la « condition qui manquait » est remplacée et masquée par la seule phrase « une erreur de jugement de gestion ». Seul le sens est inversé ; c'est le même piège.

Le coût de l'électricité sur le terrain s'est révélé plus élevé que prévu, il n'y avait qu'un seul acheteur et il a tiré le prix vers le bas, la culture choisie ne pouvait pas être produite de façon stable à la qualité qu'exigeait ce canal de vente — alors qu'en réalité l'un des quatre, emplacement, source d'énergie, canal de vente ou culture, manquait simplement dès le départ, vous en faites une histoire de compétence individuelle : « la décision du président était faible ». Faites cela, et la pire leçon de toutes est celle qui reste — « moi, je suis excellent, donc pour moi ça ira ».

Cela dit, il ne faut pas non plus aller trop loin dans l'autre sens. Il y a aussi des effondrements où les quatre conditions étaient réunies, mais où la personne qui portait le démarrage est partie et le rendement a chuté, ou bien une maladie est entrée une fois et le cycle des étagères s'est arrêté. Ce n'est pas « une condition manquait », mais un échec où « le côté qui faisait fonctionner l'ensemble s'est effondré ». Donc un cas d'échec, lui aussi, se lit exactement comme un cas de succès. Lequel des quatre manquait et l'a fait tomber ? Ou les quatre étaient réunis, et pourtant le côté qui faisait tourner s'est effondré ? Même difficiles à dénicher, les cas d'échec sont vraiment le matériau pédagogique le plus riche de tous.

Derrière le noir, il y a des prémisses qui ne sont pas dites

Plus délicat encore : derrière les chiffres de bénéfice et de rendement évoqués dans les cas de succès se cachent des prémisses qui ne font jamais surface. Permettez-moi de n'en soulever que trois, représentatives. La première est la composition des subventions. Est-ce un noir atteint sur les ventes, ou un noir atteint par-dessus une subvention couvrant un certain pourcentage de l'investissement initial ? La deuxième est la densité du personnel. Si ce noir repose sur un travail quasi bénévole du président ou de la famille, jamais comptabilisé en coût de personnel, il s'effondre à l'instant où une seule personne part. La troisième, ce sont les conditions contractuelles du canal de vente. Si « ils nous le prennent » n'est guère plus qu'une promesse verbale renouvelée chaque année, alors la condition qu'on appelle canal de vente est bien plus fragile qu'elle n'y paraît.

Ce sont des parties qu'on ne peut pas combler sans interroger directement les intéressés. Ce que le lecteur peut faire, c'est lire la forme extérieure (emplacement, échelle, culture, recours ou non à des subventions) comme un fait, et laisser le fond sous forme de questions, avec l'étiquette « c'est une estimation ». Au moment où vous croyez pouvoir trancher la cause de la victoire ou de la défaite à partir des seules informations publiques, vous avez déjà mal lu le cas. Et les quatre mêmes colonnes peuvent se dresser pour votre propre entreprise aussi. Alignez les prémisses du cas avec l'emplacement, la source d'énergie, le canal de vente et la culture de votre propre entreprise, un cran à la fois. La question passe de « puis-je le copier ? » à un jugement d'applicabilité : « puis-je reproduire cette prémisse dans ma propre entreprise ? »

Le fond de « faire de l'argent » est approfondi à partir d'ici

Voilà pour la posture de lecture des fermes qui gagnent de l'argent. Alors, pour gagner réellement de l'argent dans sa propre ferme, sur quoi agir ? Chacun de ces leviers dépasse la portée de l'introduction de ce livre. Ici, je me contenterai d'aligner l'entrée de la façon de penser — et chacun d'eux est un thème que ce livre n'approfondit pas, et que le volume complémentaire *172 conseils* traite un par un.

- **La rentabilité se décide plus en amont qu'en aval.** Le bénéfice d'une ferme verticale tend à affluer vers la couche amont qui vend des équipements et du savoir-faire, plutôt que vers la culture elle-même.
- **La rentabilité change selon l'endroit où vous la placez.** Les équipements qui changent les prémisses mêmes d'emplacement et d'échelle, comme le type conteneur, ont des cas où ils conviennent et des cas où ils ne conviennent pas.
- **Un noir sur une seule année et le remboursement cumulé sont deux choses différentes.** Même si une année donnée est dans le noir, le moment où vous achèverez de récupérer l'investissement initial est une tout autre histoire.
- **Parmi les coûts, il y en a qu'on peut rogner et d'autres non.** Où, dans l'investissement initial, vous pouvez tailler, et où, si vous taillez, ça vous retombe dessus plus tard.
- **Verrouiller d'abord le canal de vente.** Plutôt que d'entrer par la culture, fixez d'abord le canal de vente qui prend le produit régulièrement, et remontez jusqu'à la culture.

- **La force du type urbain n'est pas la proximité mais le maintien du prix unitaire.** La valeur de produire près d'une ville ne réside pas dans la faible distance de transport, mais dans le prix auquel vous pouvez continuer à vendre.

Si je replie en une seule ligne le réel des fermes qui gagnent de l'argent, c'est **non pas la nouveauté de l'équipement ni l'échelle, mais de savoir si vous lisez l'ensemble de conditions jusqu'au bout, et s'il y a un terrain qui le fait fonctionner.** Et lequel de ces leviers actionner — saisissez la vue d'ensemble dans cette introduction, puis vérifiez-les ensuite un par un dans le recueil de conseils.

Quelle est la différence décisive avec la culture en plein champ et les cultures protégées ?

J'ai mené la discussion sur la rentabilité jusqu'ici, mais pourquoi la rentabilité prend une telle structure devient clair quand on regarde ce qui distingue une ferme verticale des autres formes d'agriculture. Tant que vous êtes nouveau, vous avez tendance à penser que « ce sont les mêmes légumes qu'on produit, donc ce qu'on fait doit se ressembler aussi ». Mais en réalité, ça diffère dès la racine même. La différence s'ordonne facilement si on la regarde selon deux grands axes — **jusqu'où vous prenez l'environnement en main, et sur quoi vous vous appuyez pour juger.**

Contrôle environnemental : du laisser-faire à la nature au contrôle total

Le premier axe est de savoir qui décide de l'environnement dans lequel la culture est produite.

- **Culture en plein champ** : dépend des forces de la nature — pluie, vent, lumière solaire. Elle exige de grandes terres, avec en plus le travail pénible de la préparation du sol et de l'arrosage. Facilement affectée par la météo, elle n'est jamais à l'abri des risques de typhons et de sécheresse.

- **Cultures protégées** : dans une serre en film plastique ou en verre, elle protège la culture des intempéries dans une certaine mesure. Comme la température et l'humidité peuvent être ajustées en partie, la production est plus stable qu'en plein champ. En contrepartie, il y a la construction et l'entretien de l'installation, ainsi que les coûts de combustible.

- **Ferme verticale** : cultivée dans un espace intérieur fermé. La température, l'humidité, la lumière, la concentration en CO₂ et le reste sont contrôlés artificiellement, ce qui construit

un environnement optimal pour la croissance. À l'abri de la météo, elle peut produire de façon stable toute l'année. En contrepartie, l'investissement en capital et la facture d'électricité s'accumulent, et il faut les connaissances pour la gérer.

À mesure que vous passez de la culture en plein champ aux cultures protégées, puis à la ferme verticale, ce qui était laissé à la nature passe, peu à peu, entre des mains humaines. La ferme verticale, à l'extrémité de cette ligne, n'emprunte pas à la nature : elle fait créer l'environnement lui-même par les personnes. Ce que j'ai fait pendant plus de dix ans, c'est cette extrémité même — le monde où la température, la lumière et l'humidité sont toutes décidées par nous. Observez la culture en plein champ et les cultures protégées de l'extérieur, et vous verrez clairement que même « aménager l'environnement » porte sur quelque chose d'entièrement différent.

La nature du travail : du feeling et de l'expérience au jugement basé sur les données

Le deuxième axe, c'est ce sur quoi vous vous appuyez pour faire avancer le travail quotidien. Quand la façon de saisir l'environnement change, la compétence demandée sur le terrain change aussi.

- **Culture en plein champ** : du travail du sol à la récolte, ce sont les longues années d'expérience et le feeling qui font la différence. Il y a beaucoup de travail pénible, et les fortes variations des périodes de pointe saisonnières.

- **Cultures protégées** : en plus de l'expérience du plein champ, la maîtrise du contrôle environnemental à l'intérieur de l'installation est requise. Gestion de la température, ventilation et irrigation deviennent un empilement constant d'observations fréquentes et d'ajustements.

- **Ferme verticale** : l'automatisation par le contrôle informatique a progressé, donc il y a moins de ce travail pénible de type génie civil du plein champ. Mais beaucoup de travail manuel demeure — récolte, conditionnement, repiquage, et ainsi de suite. Ce qui vient au centre, c'est de lire l'état de la croissance à partir des données, de repérer tôt les signes inhabituels, et de passer à l'action. Pour cela, capacité d'analyse et compétences informatiques sont requises, et il faut aussi un regard qui court du plan de production à l'expédition.

Ce que je ne veux pas que vous compreniez de travers ici, c'est qu'il ne s'agit pas de dire que le feeling est inutile dans une ferme verticale. Ce que les données vous disent, c'est « ce qui s'est passé » ; « pourquoi c'est devenu ainsi » et « comment agir ensuite » relèvent, en fin de compte, du jugement d'un humain qui a regardé les légumes sur le terrain. Ce n'est que lorsqu'il y a quelqu'un capable de relire les chiffres du tout dernier capteur avec les yeux du terrain que cela devient une production stable. La plus grande différence avec la culture en plein champ et les cultures protégées, ce n'est pas, je crois, la présence ou l'absence d'équipement en soi, mais que **cette « capacité à faire l'aller-retour entre données et observation » devienne le centre du quotidien.**

Comprendre la distance entre la recherche et le terrain

Quand je dis « la capacité à faire l'aller-retour entre données et observation », vous pouvez vous dire : alors puis-je l'acquérir en étudiant dans des livres et des articles ? Ici, un peu de prudence s'impose. La ferme verticale est un métier proche de la science. Lumière, climatisation, solution nutritive, contrôle environnemental. Prenez-en n'importe lequel, aucun ne tient sans l'accumulation de recherches. Aussi, tant que vous êtes nouveau, vous avez envie d'étudier en lisant des ouvrages spécialisés et des articles. C'est, en soi, une bonne chose. Moi aussi, quand j'étais sur le terrain, j'ai lu pas mal de livres et d'articles sur les techniques de culture, en quête du moindre conseil susceptible d'améliorer un peu le terrain. Mais il y a une chose que je veux que vous sachiez ici. **L' « optimal » écrit dans un article n'est pas le même que l' « optimal » d'un terrain qui expédie des milliers de plants chaque jour.**

Quand vous tentez d'appliquer réellement une méthode de culture telle qu'elle est écrite, elle s'ajuste souvent mal. Les raisons sont, en gros, au nombre de trois.

La première, c'est que le regard du coût manque. Même quand il est écrit « le rendement a augmenté de 20% dans ces conditions », combien il en coûte pour reproduire ces conditions dans une installation commerciale, c'est en général passé sous silence.

La deuxième, c'est la différence d'échelle. Une expérience qui a porté sur quelques plants à quelques dizaines de plants en laboratoire, et un terrain qui en gère des milliers, différent complètement dans leurs prémisses. Il n'est pas rare qu'une méthode qui marchait à petite échelle cesse de marcher dès qu'on la passe à l'échelle.

La troisième, c'est la différence d'environnement. Un laboratoire peut caler température, humidité et lumière avec précision, mais sur le terrain la capacité de la climatisation a ses limites, l'environnement devient inégal selon la position sur l'étagère, et il subit l'influence de l'air extérieur au fil des saisons. Les « conditions optimales » du papier sont difficiles à reproduire dans une vraie ferme.

Ce n'est pas une affaire de faute des chercheurs. Un article vit dans un monde jugé à l'aune de « est-ce académiquement nouveau », et « est-ce utilisable sur le terrain » n'entre, dans la plupart des cas, même pas dans le périmètre de l'évaluation. Aussi, des recherches qui ont une valeur scientifique mais sont difficiles à utiliser sur le terrain surgissent fatalement. C'est un problème de structure.

Alors, étudier est-il une perte de temps ? Non. Lisez simplement en sachant qu'il y a une distance. **La recherche échoue si vous l'apportez telle quelle, et vous distance si vous l'ignorez.** La bonne façon de s'y prendre se situe entre les deux. Lisez, essayez à petite échelle sur votre propre terrain, et ne gardez sous la main que ce qui marche de façon fiable. Qu'un seul livre transforme le terrain du jour au lendemain n'arrive presque jamais. Vous tâtonnez pendant des années, et au bout du compte ce qui reste, c'est ce que vous pouvez qualifier de « ça, ça marche ». Presque tout ce dont je peux encore parler aujourd'hui, c'est ce que j'ai forgé de cette façon, sur le terrain.

Tant que vous êtes nouveau, il suffit de savoir que « ce que vous avez lu n'est pas forcément utilisable sur le terrain tel quel ». Lisez et décryptez, essayez, appropriiez-vous. Cette capacité fait, à long terme, la différence sur le terrain.

Les trois rôles du gestionnaire de ferme verticale

La rentabilité que nous avons vue jusqu'ici, et la distance de la recherche aussi, ne prennent forme, au bout du compte, que lorsqu'il y a une personne qui rassemble tout cela et fait fonctionner le terrain. Permettez-moi d'exposer ce rôle en dernier. Les rôles demandés à un gestionnaire de ferme verticale se répartissent, en gros, en trois. « Protéger une qualité stable », « souder l'équipe » et « assurer le revenu ». D'abord, à partir de ces trois, saisissez le genre de travail que vous porterez désormais.

1. Protéger la production stable et la qualité

Dans une ferme verticale, chaque élément environnemental — température, humidité, lumière, concentration en CO2 et le reste — est géré par des mains humaines. Comme ils s'influencent mutuellement, changez-en un et cela se répercute sur les autres. Continuer à expédier chaque jour des légumes de qualité stable dans cet environnement complexe — voilà le rôle le plus fondamental du gestionnaire.

Dans une ferme qui vient de démarrer, c'était, par-dessus tout, le travail qui imposait le respect. La personne capable « ne serait-ce que de les faire pousser sans les laisser mourir » était celle sur qui on s'appuyait. Mais sur les terrains de culture indoor en légumes feuilles que j'ai vus, la technique pour les faire pousser sans les laisser mourir s'est dotée de tout un outillage, et l'on peut désormais récolter sans s'appuyer autant qu'avant sur l'art personnel. Aussi ce rôle continue-t-il toujours de tourner, comme fondement, mais une fois la ferme en marche, le centre de gravité du gestionnaire se déplace, peu à peu, vers le rôle suivant.

2. Rassembler l'équipe

Une ferme verticale ne tourne pas avec une seule personne. La majeure partie du travail quotidien passe par les mains du personnel de terrain. Faire ressortir les capacités de chaque membre du personnel et faire tourner le travail quotidien, voilà le travail du gestionnaire. Cela inclut de transmettre au personnel les connaissances sur le contrôle environnemental et la culture, et d'augmenter le nombre de personnes capables de juger par elles-mêmes.

À mesure que les effectifs grandissent, ce rôle devient soudain lourd. Plutôt que de les faire pousser vous-même, vous n'avez d'autre choix que de passer du côté de celui qui organise « comment les gens font pousser ». Dans la grande ferme au démarrage de laquelle j'ai participé, le personnel de terrain a atteint une échelle de 100 personnes, et faire en sorte que bonne et mauvaise qualité puissent être jugées par tous de façon homogène est devenu, en soi, un défi majeur. Non pas le feeling d'une seule personne, mais rassembler les astuces dispersées sur le terrain sous une forme qui subsiste même après le départ de quelqu'un. Plus une personne détient son expérience sous forme de feeling brut, plus elle bute sur la question de savoir si elle peut la mettre en mots et la transmettre.

3. Assurer le revenu

Dresser le plan de production, gérer les coûts, élaborer la stratégie de vente. Lire les besoins du marché, continuer à relever de nouveaux défis. Une ferme verticale ne tient pas sur les

seuls rêves et idéaux. Si vous ne pouvez pas assurer le revenu, le terrain ne tient pas non plus.

Voici une chose que je veux dire honnêtement. Ce qui décide de l'ampleur même du bénéfice et de la perte échappe, en général, aux mains du gestionnaire. À quelle échelle vous pouvez produire, combien vous pouvez récolter, à quel prix ça se vend, où ça se vend — ces quatre-là fixent déjà la forme approximative de la rentabilité. Des prix unitaires comme la facture d'électricité, ou le remplacement des équipements, ne sont pas non plus à la seule discrétion du gestionnaire. Le gestionnaire est-il pour autant impuissant ? Pas tout à fait — dans le cadre fixé de l'extérieur, il y a des parts que vous pouvez faire bouger par la façon dont vous organisez le fonctionnement quotidien. Réduire la quantité que vous jetez, augmenter la part qui répond à la norme et se vend au bon prix, élever la compétence des travailleurs. Sans toucher à l'équipement, le visage du bénéfice et de la perte change là. Les jugements d'un cran plus profonds — jusqu'où resserrer quelle valeur, où vendre, quand investir —, je les laisse aux chapitres suivants et à *172 conseils*, mais comme entrée, gardez ici au moins l'œil pour regarder séparément « la part fixée de l'extérieur » et « la part que vous pouvez faire bouger par l'exploitation ».

Le centre de gravité des rôles bouge avec le stade de la ferme

Ces trois-là sont moins une liste parallèle que quelque chose où, selon le stade de la ferme, celui qui pèse le plus change. En phase de démarrage, « les mener à terme de façon stable » impose le respect ; une fois sur les rails, le centre de gravité se déplace vers « comment resserrer la rentabilité » ; et à mesure que les effectifs grandissent, ça penche vers « comment transmettre les connaissances du terrain ». Même titre, et pourtant le fond que vous portez change progressivement. C'est moins la croissance propre de la personne que quelque chose de plus proche de cet ordre : le côté ferme fait sortir le problème suivant, et le fond qui y répond change.

Cela dit, ce qui bouge, c'est l'« accent » ; il n'apparaît aucun rôle que vous pourriez laisser de côté. Production stable, construction d'équipe et revenu continuent tous de tourner à chaque stade, sans s'arrêter. Avec l'hygiène en particulier, une fois que ravageurs ou maladies apparaissent, ils peuvent gagner toute la ferme, donc la prévention — les empêcher de proliférer et de se propager — est requise en permanence.

Ce que je veux que vous, le nouveau venu, saisissiez, c'est cet axe temporel. La compétence demandée à un instant donné n'est qu'un instantané du stade où la ferme se trouve à ce moment-là. Ne mesurez pas votre propre expérience et vos atouts au seul « rôle actuel » ; lisez-les à l'aune de « quel rôle deviendra lourd dans quelques années ». Voyez les choses ainsi, et quel que soit le rôle que vous en viendrez à porter désormais, vous devriez pouvoir l'aborder sans vous laisser déstabiliser.

Résumé du chapitre 1

- Une ferme verticale n'est pas la même chose selon qu'il s'agit du « type serre » ou du « PFAL complet ». Ce dont ce livre traite, c'est le monde du PFAL complet, des légumes feuilles.
- Sur fond d'inquiétude face à la sécurité alimentaire, elle attire à nouveau l'attention en ce moment. Mais le paysage de la rentabilité change selon l'endroit et selon qui la regarde.
- Voir le rouge non par le signe mais par la pente. Ce qui fait bouger la rentabilité, ce sont les trois que sont l'électricité, les canaux de vente et l'expertise terrain, et un défi à une « couche de plafond » et une « couche de taux d'atteinte ».
- Les chiffres et l'actualité du secteur, même quand ils parlent du « secteur », ne parlent pas de « votre propre bloc ». Redécoupez par type et par culture, et servez-vous-en pour lire la direction des prémisses.
- Les fermes qui gagnent de l'argent ne sont pas un modèle gagnant mais un « ensemble de conditions ». Plus que la nouveauté de l'équipement ou l'échelle, ce qui compte, c'est de lire l'ensemble jusqu'au bout et qu'il y ait un terrain qui le fait fonctionner.
- Une ferme verticale diffère à la racine de l'agriculture conventionnelle, et « la capacité à faire l'aller-retour entre données et observation » devient le centre du quotidien.
- Les rôles du gestionnaire sont les trois que sont « production stable », « construction d'équipe » et « assurer le revenu », et leur centre de gravité bouge avec le stade de la ferme.
- Les jugements d'un cran plus profonds directement liés au revenu vont aux chapitres suivants et à *172 conseils*.

Dans le prochain chapitre, nous examinerons les bases des techniques de culture nécessaires sur le terrain.

Chapitre 2 : Les connaissances de base de la gestion des cultures

Au chapitre précédent, nous avons vu la vue d'ensemble de la ferme verticale : comment elle fonctionne, ce qu'elle permet et ce qui y est difficile. À partir d'ici, nous avançons d'un pas et entrons dans les connaissances nécessaires pour cultiver réellement des légumes. Choisir la culture, donner la lumière, ajuster l'eau, l'air et les nutriments, repérer les problèmes et les corriger — regardons dans l'ordre ce qui se fait chaque jour sur le terrain. Même si chaque chose semble un sujet à part, sur le terrain tout est relié. Gardez-le dans un coin de la tête, et commençons d'abord par « quoi produire ».

Quels sont les points clés pour choisir la bonne culture pour une ferme verticale ?



Comme dans une ferme verticale l'environnement peut être contrôlé artificiellement, en théorie on peut cultiver n'importe quelle culture. Mais quand on cherche à dégager réellement un bénéfice sur le terrain, les cultures que l'on peut choisir se réduisent fortement. Et ce qui m'a le plus étonné en voyant tant d'installations, c'est qu'il n'est pas rare que, produisant la même laitue, l'une soit bénéficiaire et l'autre déficitaire. Ce qui décide en dernier ressort s'il reste du bénéfice, ce n'est pas le nom du légume lui-même.

« Le légume qui rapporte » ne se décide pas par le produit

Cherchez « ferme verticale légumes rentables » et vous trouverez d'innombrables classements : la laitue est la meilleure, non, les fraises, non, les melons. Plus on lit, plus on a l'impression que la bonne réponse est quelque part à portée de main. Mais rien ne garantit que cette réponse vaille sur votre propre site. Même avec la même laitue, le bénéfice apparaît ou disparaît selon où l'on vend et comment on gère.

Moi-même, j'ai vu cette scène bien des fois avec la laitue. En la sortant sur un marché de producteurs, elle tournait solidement, mais en essayant de la vendre en gros pour un usage professionnel, le prix unitaire chutait d'un coup et, tout occupé que l'on était, il ne restait rien au bout du compte. À l'inverse, apporter directement à un restaurant une herbe aromatique dont je ne pouvais produire qu'une faible quantité dégageait un bénéfice inattendu. Mis côte à côte ainsi, on en vient à penser que ce qui rapporte n'est pas le produit lui-même, mais qu'il va de pair avec « où l'on vend ».

C'est pourquoi, plutôt que comme une liste figée, on vise mieux le légume rentable en le regardant comme **la multiplication de trois facteurs : le prix unitaire du canal de vente, les jours de rotation et la difficulté de la culture**. Avec la laitue, c'était exactement ça. Sur un marché de producteurs, on obtient un prix unitaire élevé, donc la rapidité de rotation se traduit directement en bénéfice. En la canalisant en gros, le prix baisse, il ne reste que la rotation et il ne reste pas de bénéfice en main. Avec le même équipement, le débouché décide le prix et la rotation, et par-dessus s'ajoute le travail de culture. La question n'est donc pas « quel légume », mais « dans mon canal de vente, lequel fait que $\text{prix} \times \text{rotation}$ compense le travail de culture ».

De fait, les cultures rentables dans une ferme verticale se réduisent presque à un éventail limité : surtout les légumes-feuilles et les herbes aromatiques, et les légumes-fruits selon les conditions. Des aliments de base comme le riz, le blé ou le maïs—des cultures fondamentales représentant environ 60 % de l'énergie alimentaire mondiale—, on rapporte qu'avec les coûts et la technologie actuels, il n'y a tout simplement aucune perspective qu'ils atteignent la ligne de rentabilité. Ce qui rapporte n'est pas une propriété figée de la culture, mais est tiré par le fait que cette culture puisse ou non avoir un débouché capable de lui donner prix unitaire et rotation.

La laitue est courante parce qu'elle « échoue moins catastrophiquement »

Regardez les fermes verticales réelles et la plupart sont centrées sur la laitue. Même parmi les légumes-feuilles, c'est laitue, laitue, laitue, et à peine une main posée sur les légumes-fruits. Ce n'est pas parce que la laitue est la plus rentable, mais parce qu'elle s'adapte le mieux au format ferme. Ce qui compte ici, c'est, dans la formule précédente, le terme « difficulté de la culture ».

La laitue a une période de croissance courte et une rotation rapide, elle est basse et facile à empiler en étages, et la gestion de la lumière et de la solution nutritive est établie. Autrement dit, en milieu fermé, avec une grande reproductibilité, on peut la faire tourner comme prévu. Avec les légumes-fruits, ce n'est pas le cas. La tomate ou la fraise exigent de contrôler la pollinisation et la nouaison, ont une période de culture longue et sont hautes. Avec la même surface au sol et le même coût d'énergie, le travail de culture devient bien plus lourd.

La difficulté a encore une autre facette que j'ai fortement ressentie sur le terrain. Même si la gestion de la température ou de la concentration de la solution nutritive se dérègle un peu, la laitue tombe difficilement dans une récolte catastrophique. L'irrégularité de croissance est aussi relativement faible, et le coût d'apprentissage pour l'amener à une qualité apte à l'expédition est plus bas que pour d'autres cultures. Cela prend tout son poids quand on se représente ceux qui se lancent dans la ferme verticale. Dans les projets dont j'ai accompagné le lancement aussi, il y avait énormément de nouvelles arrivées venues d'autres secteurs. Des gens qui ne connaissent pas par l'expérience la physiologie des plantes entrent en portant un gros investissement en équipement. De cette position, ce qui s'impose d'abord, c'est « ne pas pouvoir échouer ». Choisir d'abord la laitue, qui même si la main se dérègle un peu ne s'effondre pas et dont le coût d'apprentissage est bas, était une décision des plus naturelles : plutôt que maximiser le gain, éviter la faillite.

C'est pourquoi le paysage centré sur la laitue n'est pas « la réponse qui rapporte », mais le résultat d'avoir choisi « la solution qui échoue le moins dans le format ferme ». Dit autrement, pour qui sait gérer la difficulté des légumes-fruits, ou pour qui a un canal de vente qui ne tient que précisément parce que c'est du fruit, c'est justement en dehors de cette rangée uniforme que reste de la marge. Tenez pour acquis qu'il y a ces raisons pour que le débutant entre d'abord par la laitue.

Pourquoi le riz, le blé et les légumes-racines ne s'alignent pas—— $\text{surface} \times \text{jours} \div \text{prix unitaire}$

À l'inverse, pourquoi ne voit-on pas de riz, de blé, de daikon ou de carottes dans une ferme verticale ? Pas parce qu'on ne peut pas les cultiver. Techniquement, les légumes-racines comme les céréales poussent dans une ferme verticale. Et pourtant, ils n'atteignent presque jamais le marché. La raison se trouve ailleurs que dans la question de savoir si on peut les cultiver.

Le coût d'une ferme verticale pèse, pour l'essentiel, **sur la surface et le temps**. L'éclairage comme la CVC sont comme un loyer facturé en proportion de la durée pendant laquelle on occupe la surface de l'étagère, de sorte que ce qui compte, c'est « combien de jours on occupe cette surface et quelle valeur de récolte en sort ». La laitue est basse, légère, et fait un tour en 30 à 40 jours environ. Les légumes-racines mettent des mois à grossir et, pour leur poids et leur volume, leur prix unitaire est bas. Pour la carotte, il faut compter 70 à 120 jours environ du semis à la récolte. La même surface est occupée, d'un côté 1 mois, de l'autre 3 à 4 mois. Rien qu'avec ça, on devine combien se creuse l'écart de « combien on gagne par surface et par jour ». Les légumes-racines, donc, ce n'est pas que la technologie ne suive pas, mais qu'ils sont éliminés en silence au stade du tableur.

Avec les céréales, cela ressort de la manière la plus extrême. Le riz, le blé et le maïs ont un prix unitaire bas, une période de culture longue, sont hauts et difficiles à empiler en étages. Ils prennent à contre-pied les trois conditions qui s'accordent à une ferme. Il existe une estimation symbolique : même dans le meilleur des cas pour produire du blé dans une ferme verticale de Suède, le seul coût d'électricité est évalué à l'équivalent de 40 000 dollars la tonne—environ 100 fois le prix mondial du blé de l'époque. Ce n'est pas un problème de technique de culture, mais la partie est déjà jouée au stade de la division. On a envie d'attendre que « avec le temps, la technologie le rende moins cher », mais cette amélioration de l'ensemble du secteur selon laquelle plus on produit, moins c'est cher, on ne la voit presque pas dans les données.

Les légumes-racines ont encore une autre barrière, en amont de la rentabilité. La carotte et le radis étendent une racine droite et épaisse vers les profondeurs du sol, alors que l'équipement aujourd'hui dominant dans la ferme verticale est pensé pour les légumes-feuilles : une plaque flottante fine et une solution nutritive en recirculation. Ni la profondeur du substrat ni la capacité de soutien ne suffisent, et quand la zone racinaire se remplit de liquide, l'oxygène tend aussi à manquer. Du point de vue de qui conçoit une nouvelle ligne, comme les légumes-racines tombent déjà dans la division de la rentabilité, on n'arrive même pas à

discuter de l'équipement ; mais du point de vue de qui possède déjà un équipement pour légumes-feuilles et pense « des racines aussi sur l'étagère libre », avant la rentabilité, la racine ne tient pas dans l'équipement. Laquelle des deux barrières arrive en premier change selon le point où l'on se situe. Si je dis franchement ma conclusion de terrain, on retombe sur l'évidence : il est rationnel de cultiver les légumes-racines en terre.

Il y a des exceptions, mais seulement quand la condition est remplie

Ce dont j'ai écrit jusqu'ici « ne convient pas » a aussi des exceptions. Mais l'exception n'est passée que parce qu'une certaine condition était remplie, et rien ne garantit que l'on puisse transposer cette condition entière à sa propre culture.

Une direction est l'exception de **gagner par la rotation**. Les micropousses (les jeunes feuilles de légumes) sont extrêmement rapides : du semis à la récolte, 7 à 14 jours. Comparées aux 30 à 40 jours de la laitue, on peut faire de nombreuses rotations par an sur la même surface. Le prix au gramme s'obtient aussi facilement élevé, et il existe même des mouvements pour les différencier comme aliment fonctionnel à nutriments renforcés. Si vous montez de zéro, elles valent bien la peine d'être étudiées comme produit. Cependant, les monter telles quelles dans une installation existante pour laitue n'est pas simple. Le parcours de récolte sur des étagères allant jusqu'à 10 étages——que l'on extraie le substrat entier ou que l'opérateur coupe dans les étages supérieurs——est tout à fait autre chose que la laitue. Si vous voulez le faire sérieusement, il est réaliste de penser, dès la phase de construction, à un équipement de transport et de récolte dédié.

L'autre est l'exception de **gagner par le prix unitaire**. Pourvu que le prix par surface et par jour soit élevé, même une culture à rotation lente peut monter sur l'étagère. C'est le cas de racines qui se vendent extrêmement cher, comme le ginseng médicinal, ou du wasabi. Le wasabi a un prix unitaire élevé, est rare et populaire même à l'étranger——jusqu'à noter le nom, tout est juste. Mais ici, la prudence s'impose. Le prix élevé du wasabi, selon ma lecture, n'est pas collé à la culture wasabi elle-même, mais à la relation avec l'acheteur : « ce producteur, de cette région, avec cette qualité, livre de manière stable ». Plus un client paie cher——comme un restaurant gastronomique ou un restaurant de sushi——, plus il a déjà un fournisseur fixe et ne change pas facilement pour un nouveau producteur de on ne sait où. C'est pourquoi, lorsqu'un nouvel arrivant parvient à produire du wasabi, tout ce qu'il a

vraiment, c'est la part de la culture parmi les raisons du prix élevé ; la relation, qui est décisive, il faut la bâtir de zéro. Et comme les bouches qui paient cher n'absorbent justement pas le volume, le calcul du chiffre d'affaires annuel fait avec « prix unitaire × volume d'expédition estimé » se trompe la plupart du temps. Pouvoir le produire et que cela tourne comme une affaire sont deux choses distinctes.

Avec le riz, c'est pareil : l'« impossible » n'est pas uniforme partout. Une terre à l'électricité scandaleusement bon marché, un acheteur proche qui paie cher, un débouché qui vend à plusieurs fois le prix normal——comme matière première pharmaceutique——: selon jusqu'où ces trois facteurs se réunissent, la vision change. Les cas de succès de culture de riz en installation à l'étranger ont généralement pour prémisse une localisation à l'eau rare et à l'électricité bon marché, plutôt l'inverse du Japon. Cela paraît une question de technologie et, en réalité, c'était une question de localisation ; ce n'est pas rare.

D'abord, alignez à partir de votre propre canal de vente

Alors, par où commencer ? Pas par le produit. Les classements et les cas de succès servent de référence, mais on ne peut pas les transformer tels quels en plan. L'information qui circule dans le monde est biaisée vers « les histoires qui ont bien marché », et il ne reste presque aucune donnée des installations qui se sont retirées. De fait, on dit qu'une proportion considérable des fermes verticales du Japon se sont renouvelées au cours d'une décennie environ. La composition est la suivante : derrière les succès qui affleurent, il y a un bon nombre de retraits dont on ne parle pas.

C'est pourquoi la première chose à écrire sur le papier n'est pas le plan de culture, mais une division d'une seule ligne suffit. En prenant pour base la même surface d'étagère, sortez « prix de vente estimé ÷ jours d'occupation », placez la laitue en référence et alignez les candidats dans le même tableau aux mêmes conditions. Inscrivez-y les jours de rotation, la difficulté de la culture, le rendement utile, et jusqu'au travail de maintien du canal de vente, et comparez par le bénéfice annuel par surface. Voilà le premier coup. Pour la disposition, placez au centre les légumes-feuilles, rapides à tourner et faciles à lire, et étudiez en second les légumes-fruits et les niches à prix unitaire élevé. Les légumes-fruits et le wasabi ont certes de la marge de prix, mais ce sont des choses qui ne tiennent qu'une fois les conditions réunies, donc il est réaliste de les monter après avoir consolidé les chiffres de base avec les légumes-feuilles.

Les cultures nouvelles sont intéressantes, et chaque année on peut faire plus avec elles. Mais cela prend vie au sein des cultures qui ont passé l'entrée de la rentabilité ; le placer avant cette entrée, c'est faire un détour. Ce qui convient et ce qui ne convient pas ne se voit pas par le classement des produits, mais par ce « prix unitaire du canal × rotation × difficulté » et par « combien par surface et par jour »——avec ce seul regard, quand la prochaine culture nouvelle apparaîtra, vous pourrez commencer sans panique à partir de la première feuille de papier.

Cela dit, à partir d'ici——quelle culture est rentable pour quel débouché, comment aller chercher des débouchés à prix unitaire élevé, si un passage aux légumes-fruits justifie l'investissement——, c'est une discussion qui entre dans la conception de la rentabilité elle-même. Dans ce livre, je reste à l'entrée de la façon de penser, et je laisse les jugements plus approfondis à « 172 Astuces pour Améliorer la Rentabilité des Fermes Verticales ».

Une fois le légume décidé, vient ensuite la question de comment le cultiver. Les trois piliers pour cultiver des légumes dans une ferme verticale sont la lumière, l'eau et l'air——et nous commençons par la lumière, l'équipement le plus emblématique d'une ferme verticale.

L'utilisation de l'éclairage LED horticole



L'équipement le plus emblématique d'une ferme verticale, ce sont les éclairages LED horticoles alignés rang après rang. L'agriculture conventionnelle n'avait d'autre choix que de compter sur la lumière solaire, mais dans une ferme verticale, on peut créer artificiellement, avec des LED, l'environnement lumineux optimal pour la croissance.

Les 3 avantages que l'éclairage LED horticole apporte à une ferme verticale

1. Réduction des coûts par l'économie d'énergie

L'électricité est un coût qu'une ferme verticale ne peut ignorer. Comme l'éclairage LED horticole a une excellente efficacité énergétique, on peut espérer une réduction correspondante de la facture d'électricité.

2. Longue durée de vie qui allège aussi l'entretien

Les tubes fluorescents demandent un remplacement périodique, chaque fois au prix d'argent et d'effort. Les LED ont une durée de vie bien plus longue et permettent de réduire la fréquence de remplacement. Dans une ferme verticale qui utilise une grande quantité d'éclairage, cette différence de coût est importante.

3. On peut choisir la couleur de la lumière selon la plante

Les plantes ont besoin, selon l'espèce et le stade de croissance, de longueurs d'onde (couleurs) de lumière différentes. La LED existe en produits de longueurs d'onde variées—rouge, bleu, blanc, etc.—et on peut la choisir selon la culture. Dans les fermes verticales classiques, l'éclairage LED horticole combinant lumière rouge et bleue était dominant, mais ces dernières années la LED blanche, proche de la lumière solaire, s'est aussi répandue.

Astuces d'installation et d'exploitation

Pour tirer parti de la LED, de petits soins comme la méthode d'installation ou la durée d'éclairage sont aussi importants.

- Culture en étages : pour exploiter un espace limité, il est courant de superposer l'étagère de culture sur plusieurs niveaux, ce qu'on appelle « culture en étages ».
- Angle et distance d'éclairage : en ajustant l'angle d'éclairage de la LED et la distance à la plante, on peut élever l'efficacité photosynthétique.
- Durée d'éclairage : la plante pousse en alternant une « période lumineuse », pendant laquelle elle photosynthétise, et une « période d'obscurité », pendant laquelle elle respire et transloque les nutriments.

« Plus c'est lumineux » n'est pas toujours mieux

Quand on parle de LED, on tend sans le vouloir à penser que « plus la lumière est forte, mieux ça pousse ». Débutant, je le pensais aussi. Si l'on se décide et qu'on éclaire fort un étage du

rack, certes, la quantité de récolte augmente. Le poids et l'aspect s'améliorent. On peut se dire « finalement, j'ai eu raison d'éclairer plus »——jusqu'à voir la facture d'électricité à la fin du mois. J'ai monté la lumière de 1,5 fois, mais le rendement n'a pas atteint 1,5 fois. Si l'on soustrait l'augmentation du coût d'électricité à l'augmentation des ventes, ce qui reste vraiment est plutôt plus mince qu'avant. Il apparaît de tels mois. Moi-même, en culture hydroponique de laitue en ferme verticale, j'ai vu bien des fois la scène où, en poussant fort, le net qui reste vraiment ressortait au contraire plus mince.

Ici, il faut connaître le mot PPFD, qui exprime la quantité de lumière. Il suffit de le voir comme la quantité de particules de lumière qui atteignent la feuille. Le point clé, c'est que cette relation entre le PPFD et le rendement n'est pas proportionnelle. Si l'on commence à monter depuis un niveau bas, au début ça grimpe vite, mais plus on monte, plus la part gagnée en éclairant davantage diminue. Le coût d'électricité, lui, augmente en suivant la lumière presque en ligne droite. Du coup, les ventes qui augmentent « ralentissent peu à peu », tandis que le coût d'électricité qui augmente « monte en ligne droite ». À un moment vient le point où le coût d'électricité pèse plus que la récompense de la lumière ajoutée. C'est là le point d'arrêt pour monter la lumière.

Ce qui est gênant, c'est que ce point d'arrêt ne se fixe pas sur un seul chiffre. À l'époque où l'électricité est bon marché, laisser ce niveau fort paraît largement positif, mais quand le prix unitaire monte, ce même réglage devient soudain lourd. Avec la même étagère, la même variété et la même lumière, selon le mois s'échangent « ça, c'est correct » et « ça, c'est exagéré ». C'est pourquoi la façon de faire qui consiste à mémoriser et coller le PPFD optimal comme un seul chiffre ne marche pas. La lumière est quelque chose dont le point d'arrêt bouge selon le coût d'électricité——le saisir ainsi est une sensation qu'il vaut mieux acquérir dès le début.

Quand on entre dans la gestion dynamique qui re-dérive le PPFD optimal à partir du prix unitaire de l'énergie, et dans le jugement de sélectionner les luminaires selon leur efficacité lumineuse, cela devient un sujet profond, directement lié au bénéfice. Comment faire ce choix est traité en détail dans « 172 Astuces pour Améliorer la Rentabilité des Fermes Verticales ».

La lumière

La LED n'est qu'un outil pour créer de la lumière. Ce qui importe vraiment à la plante, c'est quelle lumière, avec quelle intensité et pendant combien de temps cet outil lui donne——autrement dit, le contenu de la lumière elle-même. Comme dans le paragraphe précédent nous avons parlé de la machine, ici descendons un peu et fixons la base de la façon dont la plante reçoit la lumière. Ce n'est pas difficile. Il suffit de penser que la lumière a trois échelles——« intensité », « couleur » et « durée »——et que la quantité de lumière d'une journée se décide par la multiplication des trois.

L'intensité——ce n'est pas que plus c'est fort, mieux c'est

D'abord, l'intensité. La lumière est indispensable à la croissance de la plante, mais ce n'est pas aussi simple que plus c'est fort, plus ça pousse. Au-delà d'un certain point, le progrès de la photosynthèse plafonne, et en montant encore, la feuille s'abîme et la chose penche plutôt vers le négatif. Dans une ferme verticale, où l'on rachète la lumière avec de l'électricité, il y a en plus le problème que le coût d'électricité de ce que l'on éclaire au-delà du nécessaire est gaspillé tel quel.

La règle de base est donc de choisir les LED en les ajustant à l'intensité que la culture demande. Les légumes-fruits qui fructifient veulent une lumière forte, mais les légumes-feuilles comme la laitue n'ont pas besoin d'une lumière aussi forte. Ils sont bas et poussent même sous une lumière plus faible. C'est une autre raison pour laquelle les légumes-feuilles sont privilégiés dans une ferme verticale.

La couleur——la plante a des longueurs d'onde qu'elle sait utiliser

Ensuite, la couleur. La lumière change de couleur selon la longueur d'onde, et la plante fait de chaque couleur un usage différent.

À grands traits, la lumière rouge (environ 600 à 700 nm) est celle qui agit le mieux sur la photosynthèse et pousse la croissance. La lumière bleue (400 à 500 nm) est aussi utilisée dans la photosynthèse et agit dans le sens d'épaissir la feuille et de faire épaissir solidement la tige. De la lumière verte (500 à 600 nm), on dit que son effet sur la photosynthèse est faible, mais qu'elle atteint facilement le fond de la feuille et participe aussi à la mise en forme de la plante. C'est pourquoi, autrefois, les fermes verticales avaient pour dominante la lumière violette, faite uniquement de rouge et de bleu, typiquement « ferme verticale », mais ces dernières années ont augmenté tant celles qui incluent du vert que les LED blanches, proches

de la lumière solaire.

Moi aussi, j'ai utilisé des LED de divers types, et je sens qu'avec celles qui ajoutent du vert ou les proches du blanc, la croissance se voit mieux qu'avec le type uniquement rouge et bleu. C'est une impression de terrain : la couleur, l'éclat et le port de la feuille sortent de façon plus naturelle. Quelle couleur et en quelle proportion mélanger convient à chaque culture est un sujet profond, directement lié au coût, donc ici je pose seulement l'entrée : « la couleur a des différences d'usage ».

La durée——le temps d'éclairer et le temps d'assombrir

Le troisième, c'est la durée. Ce n'est pas qu'il faille éclairer la plante toute la journée sans cesse. Elle pousse en alternant la « période lumineuse », où on lui donne de la lumière, et la « période d'obscurité », où on la lui coupe. En période lumineuse, elle fabrique des nutriments par la photosynthèse, et en période d'obscurité, elle envoie ces nutriments vers chaque partie du corps pour les affecter à la croissance——il y a un rythme de respiration : produire le jour, ranger la nuit. Ce réglage du nombre d'heures d'éclairage par jour s'appelle la photopériode.

Dans une ferme verticale, à la différence du soleil, le temps d'éclairer se décide librement de notre côté. C'est un avantage puissant, mais cela signifie en même temps qu'« il faut le décider ». Si l'on éclaire longtemps, on gagne du temps de photosynthèse, mais le coût d'électricité gonfle, et si la période d'obscurité est trop courte, il arrive que l'état de la plante se dérègle. Apparaît le jugement de savoir où le placer pour que cela convienne à la culture et à la rentabilité. Discerner ce point optimal entre dans la conception de la rentabilité, donc dans ce livre je m'en tiens à la base : « il faut à la fois le temps d'éclairer et le temps d'assombrir ».

La quantité de lumière d'une journée——le DLI, la multiplication des trois

Enfin, une seule idée qui relie les trois. En multipliant intensité et durée, on obtient la quantité totale de lumière que la culture a reçue en une journée. On l'appelle DLI (quantité de lumière intégrée sur une journée).

Pas besoin de se compliquer. Une lumière faible, si on la donne longtemps, augmente la quantité totale, et une lumière forte, si c'est sur peu de temps, n'élève pas la quantité totale. Combien de lumière la plante a reçue en une journée ne se décide ni par le seul éclat de l'instant ni par le seul temps d'allumage, mais par la multiplication des deux——quelque chose

de tout à fait évident. Que sur le terrain il arrive des choses comme « j'ai monté la lumière mais ça n'a pas autant poussé que prévu » ou « au contraire, j'ai réduit la durée d'allumage et ça n'a pas tant baissé » vient souvent de ce que l'on tend sans le vouloir à ne regarder que l'intensité et pas la quantité totale de la journée. Tenez l'intensité, la couleur et la durée comme trois échelles séparées, et à la fin contemplez la quantité totale de la journée. Comme base de la lumière, avoir d'abord ce regard sous la main suffit.

Si la lumière est une histoire qui s'achève au-dessus de la plante, vient ensuite une histoire à ses pieds——l'eau dans laquelle trempent ses racines. Dans une ferme verticale, cette eau devient le fondement même de la culture.

Le système de culture hydroponique



Aux côtés de l'éclairage, la caractéristique distinctive d'une ferme verticale, c'est la culture hydroponique. On cultive sans terre, en plaçant les racines directement dans l'eau et les nutriments. C'est la raison pour laquelle on peut cultiver vite et uniformément, et aussi la partie qui demande le plus de soin au quotidien sur le terrain.

Pourquoi la culture hydroponique dans une ferme verticale

Ce qu'apporte le fait de ne pas utiliser de terre a plusieurs points forts. Comme on n'a pas besoin de sol, on ne choisit pas l'emplacement, même en zone urbaine ou dans des lieux aux conditions de terrain difficiles. Comme la racine est toujours en contact avec l'eau et les nutriments, la croissance est rapide et la rotation monte. On réduit aussi le risque de ravageurs et de maladies transmis par la terre, et sans être poursuivi par l'arrosage quotidien,

il suffit de gérer la concentration et le volume de la solution nutritive pour que l'apport soit automatique.

Une seule chose, un point souvent mal compris, par avance. On dit souvent que « l'hydroponie résiste bien à la pourriture des racines », mais c'est sous condition. Tant que l'oxygène dissous (OD) dans l'eau reste suffisant, la racine prend de l'oxygène frais et est en pleine forme. Mais si l'oxygène vient à manquer, même en hydroponie la pourriture des racines survient. En particulier, quand la température de l'eau monte, l'oxygène qui peut rester dissous dans cette eau diminue. C'est pourquoi, gardez-le dans un coin de la tête : ce n'est pas « tranquille parce que c'est plongé dans l'eau », mais « tranquille parce qu'il y a assez d'oxygène ».

NFT et DFT——faire couler fin ou accumuler profond ?

Les deux les plus utilisés dans une ferme verticale sont le NFT et le DFT.

Le **NFT (technique du film nutritif)** fixe les plantes sur un bac de culture incliné et fait circuler en continu, avec une pompe, une fine nappe de solution nutritive. Comme ça coule, l'oxygène l'atteint facilement, et le volume de solution nutritive utilisé est faible. En revanche, comme la quantité d'eau est faible, il est facilement affecté par les conditions extérieures et la température de l'eau change facilement.

Le **DFT (technique du flux profond)** accumule beaucoup de solution nutritive dans un bassin de culture de type cuve et y fait flotter les plantes. Comme il y a beaucoup d'eau, il résiste bien aux variations de température et est facile à cultiver de manière stable. En revanche, l'équipement devient grand, et il a tendance à manquer d'oxygène au fond.

Les deux appartiennent à la famille du « système de recirculation », qui fonctionne en faisant circuler la solution nutritive avec une pompe. À part eux, le DWC (eau profonde), qui plonge entièrement les racines dans l'eau profonde, peut se voir comme appartenant pratiquement à la famille du DFT du fait d'accumuler de l'eau. La méthode par brumisation, qui pulvérise un brouillard sur les racines, est celle où l'oxygène est le plus abondant parce que les racines sont exposées à l'air, mais comme elle n'accumule pas d'eau, c'est celle qui se dessèche le plus vite à l'arrêt. Elle convient de façon limitée aux installations qui peuvent monter avec une marge confortable un dispositif avertissant à l'instant de l'arrêt.

Ce n'est pas lequel est supérieur

Au moment de monter à neuf, ou de remonter, ce sur quoi on bute le plus souvent d'abord, c'est « NFT ou DFT ? ». Si l'on consulte un tableau comparatif, chaque critère penche d'un côté ou de l'autre, et en additionnant cela finit à peu près à égalité. J'ai vu bien des gens piétiner pendant des jours.

Ici, je le dis clairement. La méthode en elle-même n'a pas de supériorité absolue. Après avoir suivi la laitue pendant des années, en remontant la cause des oscillations de rendement ou de qualité, c'était presque toujours « l'état de l'eau de ce jour-là », pas « la méthode ». Qu'en NFT survienne la pourriture des racines, ce n'est pas à cause de la méthode, mais quand le débit chute et que la pointe de la racine s'assèche. Qu'en DFT cela faiblisse n'est pas non plus à cause de la méthode, mais quand la température de l'eau monte et que l'oxygène s'échappe. Quoi que l'on choisisse, au final tout dépend de la gestion de l'eau qui suit.

Alors, comment décide-t-on la méthode ? Cela peut être tout simple. Cela se décide par les contraintes que l'on a sous la main. Si l'on veut tenir quelques minutes lors d'une coupure de courant ou d'une panne, et que l'on veut du volume d'eau comme prime de tranquillité, on penche vers le DFT. Si l'on veut augmenter le nombre d'étages de l'étagère et alléger la structure, et qu'on veut aussi une tuyauterie simple, on penche vers le NFT. Par l'échelle et par la marge de risque que l'on peut se permettre, c'est un éventail qui se décide presque automatiquement. Ce n'est pas une bifurcation au point de s'en inquiéter des jours. Le temps de s'inquiéter, mieux vaut le reporter sur la gestion de l'eau d'après le choix : cela rend bien plus sur la quantité récoltée.

Réversible ou irréversible——la ligne qui compte vraiment en hydroponie

Si l'on saisit la différence entre NFT et DFT avec un seul axe, la gestion qui suit devient bien plus facile. Cet axe, c'est « réversible ou irréversible ».

Même si ça dévie, si l'on s'en aperçoit et qu'on met la main on peut le ramener dans la plage et la racine se rétablit——les choses **réversibles** ainsi sont le côté que l'on rattrape par la gestion. Que l'oxygène du fond du DFT se soit aminci, que la température de l'eau ait monté, il suffit de regarder chaque jour et, si ça sort, de le ramener. C'est du travail de personnes et d'enregistrement.

En revanche, si en NFT le débit s'arrête et que la pointe de la racine se dessèche, cette sécheresse ne revient pas. La pointe une fois atteinte ne retourne pas à son état initial même si l'on rend l'eau. Ceci est **irréversible**. Comme avec la seule inspection visuelle quotidienne on ne peut pas tout colmater, on fait détecter l'arrêt par une machine et lancer une alerte, et avec une alimentation de secours ou une pompe de secours, on élimine d'avance l'arrêt lui-même. C'est le domaine que l'on efface du côté de l'équipement et de la prévention.

La ligne devient ceci : **le réversible se rattrape par la gestion ; l'irréversible, on ne compte pas sur la gestion pour l'absorber : on l'élimine en amont par l'équipement et la prévention**. Le réversible, qui vient peu à peu, une personne le regarde ; l'irréversible, qui vient d'un coup, on l'arrête par la machine et la prévention.

Une précision : réversible ou irréversible n'est pas une étiquette collée à la méthode. Même en NFT, s'il y a un dispositif qui avertit à l'instant dès l'arrêt, cette rapidité ne fait pas peur. Et même en DFT, si l'on laisse passer la haute température de l'eau ou la stagnation de l'été, cette eau abondante se change cette fois en eau chaude qui ne refroidit pas et la racine pourrit——la force d'avoir du volume d'eau se retourne si on ne la regarde pas. C'est pourquoi on ne peut pas affirmer net que « le DFT est sûr parce qu'il a du volume d'eau ». Ce qui déplace la frontière n'est pas l'attribut de la méthode, mais « l'ampleur de la déviation et combien de temps on l'a laissée passer ».

Ce « après avoir choisi, où et comment on regarde chaque jour »——dans quel ordre on regarde le débit, la température de l'eau et l'oxygène dissous, et où l'on trace la ligne entre bien et mauvais——est ce qui sépare vraiment la quantité récoltée. Cela est travaillé concrètement dans « 172 Astuces pour Améliorer la Rentabilité des Fermes Verticales ».

Quand ce qui concerne l'eau commence à se voir, l'inséparable de cette eau, c'est l'air qui remplit le contour des racines et des feuilles. La température, l'humidité, le CO₂, et le vent qui les transporte——à partir d'ici, nous passons à l'air qui entoure la plante.

La gestion de la température

La gestion de la température est l'une des rubriques les plus importantes qui conditionnent largement le succès d'une ferme verticale.

La plante a une plage de température adaptée à sa croissance. En en sortant, cela retentit sur la croissance, sous des formes telles que la croissance ralentit, la couleur de la feuille empire et, dans les cas graves, elle se dessèche. Chez les légumes-fruits, il peut se former des fruits mal formés, et si la vigueur baisse, la résistance aux ravageurs et maladies s'affaiblit aussi.

Température adaptée par culture

La ferme verticale subit peu l'influence de l'air extérieur et peut maintenir la température constante. Le repère par culture est à peu près le suivant.

- Les légumes-feuilles comme la laitue : préfèrent un environnement relativement frais, autour de 15 à 25 ■
- Les légumes-fruits comme la tomate : préfèrent un environnement chaud, autour de 20 à 30 ■
- Les herbes aromatiques comme le basilic : autour de 20 à 25 ■. Mais il en existe qui préfèrent la chaleur ou qui résistent au froid

Une gestion de la température ajustée à l'espèce de légume et au stade de croissance est la base d'une production stable.

Ce qu'on gère, c'est l'air ; ce à quoi la plante répond, c'est la feuille

Ici, j'introduis une distinction qui compte quand on se bloque sur le terrain. Ce que nous fixons et gérons, c'est la « température de l'air » de la salle de culture. Mais ce à quoi la plante répond réellement, c'est la « température de la feuille ».

D'ordinaire, ces deux-là coïncident à peu près, donc cela tourne sans avoir à les distinguer. Cependant, cette distinction se montre quand, tout en respectant bien le réglage, la croissance ne sort pas régulière selon l'étagère. Par exemple, des différences de croissance apparaissent entre l'étage haut et l'étage bas du même rack. Au début, on soupçonnera la façon dont le vent frappe ou la distance à la LED, mais il y a encore une circonstance : à l'étage haut, la chaleur de l'éclairage tend à s'accumuler. Même si l'on dit que la LED économise l'énergie, une proportion considérable de la consommation électrique sort sous forme de chaleur. C'est pourquoi, même si le réglage est de 25 ■, la température de la feuille elle-même de l'étage haut, proche de l'éclairage, est parfois plus élevée que l'air.

Pourquoi la température de la feuille compte-t-elle davantage ? Parce que la photosynthèse comme la respiration sont des réactions enzymatiques, et ce qui décide leur vitesse n'est pas l'air, mais la température de la feuille elle-même. Même avec le même « réglage de 25 ■ », si la feuille de l'étage haut est en réalité à 27 ■, la température pour cette feuille n'est déjà plus 25 ■. Le réglage est régulier mais la croissance ne l'est pas—cela arrive souvent sous la forme : on a égalisé l'air mais on n'a pas égalisé les feuilles.

Comme ce que la CVC peut déplacer directement, c'est l'air, il reste une structure à deux étages : regarder les deux, l'air comme « entrée » et la feuille comme « résultat ». Si l'on applique un thermomètre à rayonnement aux feuilles de l'étage haut et de l'étage bas et qu'on mesure de combien de degrés elles s'écartent de la valeur réglée de l'air, la tendance de sa propre étagère commence à se voir en chiffres. Au passage, cet écart est grand le jour, quand la lumière est forte, et se réduit la nuit, quand l'éclairage est éteint.

Baisser la température nocturne, c'est pour « rendre la plante plus compacte »

Comme dans une ferme verticale on peut créer artificiellement jour et nuit avec l'éclairage LED horticole, on peut ajuster la croissance en utilisant l'écart de température. Le « jour » ici désigne l'éclairage allumé (période lumineuse), la « nuit » l'éclairage éteint (période d'obscurité), et l'écart de température entre cette période lumineuse et cette période d'obscurité s'appelle « DIF ».

La nuit, comme l'éclairage est éteint, la température de la feuille et celle de l'air coïncident presque entièrement. C'est parce qu'il ne se produit pas, comme le jour, que seule la feuille s'élève par la chaleur de la source de lumière. Le problème, c'est l'état où l'on baisse cette température nocturne avec une sensation du genre « la nuit, on rafraîchit », alors que la raison de la baisser, elle, ne tombe pas tout à fait juste.

Cela se met en place si l'on raisonne la logique à partir de « la nuit, c'est le temps de quoi ? ». Le jour, on reçoit la lumière et on fabrique du sucre par la photosynthèse ; la nuit, comme il n'y a pas de lumière, on ne peut pas fabriquer de sucre neuf et on respire en utilisant le sucre accumulé le jour. Comme cette respiration avance d'autant plus vite que la température est élevée, refroidir la nuit réduit la consommation même de sucre pendant la nuit.

Ici, une chose à laquelle prêter attention : ne pas relier sans réfléchir « réduire la consommation = il en reste d'autant et ça pousse ». En réalité, ce n'est pas que plus on

refroidit, plus ça pousse. Chez les légumes-feuilles, ça sort dans le sens où le chaud (jusqu'à une certaine plage) fait plutôt mieux pousser. Alors, quel est le sens de baisser la température nocturne ? Plutôt que pour augmenter la récolte, c'est un ajustement du côté de la qualité : contenir l'étiollement et rendre la plante plus compacte. Si l'on ne baisse pas franchement la température nocturne, la tige tend à filer et le port se défait. C'est pourquoi il colle mieux à la sensation du terrain de penser la température nocturne comme un levier pour ajuster « la fermeté de la façon de pousser » que comme un levier pour gagner de la « quantité de croissance ».

Et ce n'est pas non plus que plus on baisse, mieux c'est. Si l'on baisse trop, l'étiollement s'arrête, mais on entre aussi dans le côté où le tempo de croissance ralentit. La température nocturne se décide dans l'équilibre entre « rendre la plante plus compacte » et « cultiver comme il faut ». Pour la laitue, autour de 18 ■ la nuit est un exemple de ce compromis.

Le critère de jugement du réglage, c'est en dernier ressort l'état de la culture

En plein été, la température tend à monter et l'électricité de la CVC pèse aussi fort. On veut monter le réglage ne serait-ce que de 1 ■ pour alléger la charge, mais on ne peut pas affirmer ce qui arrivera à la croissance et on n'ose pas y toucher——c'est un piétinement fréquent sur le terrain d'été. En réalité, ce 1 ■ agit dans un sens complètement différent selon qu'on le monte le jour ou la nuit, et casser l'irrégularité de température finit aussi par être le travail du vent. Le jugement de cette opération active devient à lui seul tout un thème, donc ici je m'en tiens à l'entrée de la façon de penser : « l'air et la feuille sont distincts » et « la température nocturne, c'est pour rendre la plante plus compacte ».

Quand on pense la température à l'intérieur de la salle de culture, le critère de jugement de la valeur de réglage est, en dernier ressort, « l'état de la culture ». Plutôt que de calquer un tableau de valeurs correctes, on lit si cela colle ou non en regardant sur son propre terrain l'écart entre la température de la feuille et celle de l'air, la différence jour-nuit, et l'aspect des feuilles et des racines. À nous qui réglons la température, on demande la capacité d'observation pour saisir correctement l'état de la plante. Comment déplacer ce 1 ■ jour-nuit, comment juger l'écart ou la différence jour-nuit et autres opérations plus poussées sont traités dans « 172 Astuces pour Améliorer la Rentabilité des Fermes Verticales ».

Inséparable de la température, c'est combien d'eau l'air porte——l'humidité. À température égale, selon l'humidité l'état de la feuille change complètement.

La gestion de l'humidité

Aux côtés de la température, un autre management indispensable est celui de l'humidité. La plante sort de l'eau par la feuille, ce qu'on appelle la « transpiration », et, montant sur ce flux, distribue dans tout le corps l'eau et les nutriments absorbés par la racine. L'humidité agit directement sur cette transpiration.

Le 60 % de l'hygromètre change de contenu selon la température

Dans une ferme verticale, l'exploitation courante consiste à maintenir la température ambiante à peu près constante et à contenir en continu, par déshumidification, l'humidité qui monte de l'hydroponie. On regarde l'humidité par plage, du genre « objectif 60 % », et si l'hygromètre se cale par là, eh bien, ça devrait aller.

Mais n'avez-vous pas eu cette expérience ? Avec le même « 60 % », selon le jour l'aspect de la plante est d'une certaine façon différent. La turgescence de la feuille a de bons jours et des jours moins bons. Et pourtant le chiffre de l'hygromètre n'a pas changé.

Ceci, sans doute, n'est pas une illusion. Le « 60 % » de l'hygromètre est la proportion de quel pourcentage est rempli maintenant, par rapport à combien d'eau l'air peut porter à cette température. Comme c'est une proportion, quand la température bouge, avec le même 60 % change la « marge qu'il peut encore absorber » de l'air lui-même. L'air chaud peut beaucoup porter, donc à 60 % il y a encore une grande marge pour absorber. Si la température ambiante baisse, le volume même du réservoir plein se fait petit, et avec le même 60 % la marge pour absorber est faible.

Vu depuis la feuille, cette « marge que l'air peut encore absorber » est la « force d'aspiration » même avec laquelle on peut sortir l'eau en transpiration. C'est cette « force d'aspiration » de l'air qu'on appelle le **VPD (déficit de saturation)**. Que par un jour de température ambiante élevée la plante se soit vue en bon état, c'était parce que l'aspiration de l'air agissait, la transpiration tournait et, montant sur ce flux, les nutriments atteignaient la pointe de la feuille. Un jour de « 60 % et pourtant aujourd'hui c'est lourd et confiné », c'était que, la température ambiante ayant baissé, l'aspiration s'était affaiblie : l'eau voulait sortir mais ne sortait pas

complètement, et l'intérieur de la feuille restait un peu engorgé—vu ainsi, ça colle à peu près.

Autrement dit, on croyait regarder l'hygromètre, mais ce qui agissait vraiment, c'était la « force d'aspiration » qui, par-derrière, se décidait conjointement avec la température. Le % d'humidité relative est une coupe transversale du résultat, et c'est autre chose que l'axe continu que ressent la plante.

La déshumidification et la température ambiante déplacent une même aspiration depuis des côtés différents

Arrivé là, une manière de voir change. On a géré « température ambiante constante, humidité à 60 % » comme deux boutons séparés, mais, vu depuis la plante, la déshumidification et la température ambiante ne sont pas deux choses séparées : elles déplacent un même axe—cette force d'aspiration—depuis des côtés différents. Qu'on baisse l'humidité ou qu'on monte la température, la « marge que l'air peut encore absorber » s'élargit. Vu depuis la feuille, par l'une ou l'autre opération ça bouge dans le sens où l'aspiration se renforce.

Cependant, ce n'est pas qu'elles soient interchangeable. La température déplace, avec l'aspiration, aussi le métabolisme même de la plante—la vitesse d'allongement et la respiration. La déshumidification, elle, peut toucher seulement l'aspiration sans relativement toucher cela. Elles agissent sur le même axe, mais entraînent une portée différente. C'est pourquoi, si la visée est le seul point de l'aspiration, l'ordinaire est d'aller ajuster par la déshumidification, qui n'amène rien de superflu, et de garder la température comme dernière marge—tel est l'ordre.

Pour tracer une ligne avec franchise : ce que j'ai vérifié moi-même sur le terrain, c'est seulement la plage des légumes-feuilles en ferme verticale. Le grand cadre selon lequel la déshumidification et la température agissent sur ce seul axe me tombe juste là, mais avec quel VPD concret il convient de tourner pour que ça aille le mieux changera selon le produit et le stade de croissance, et ce n'est pas quelque chose que je puisse affirmer net.

Le VPD se lit avec les deux instruments déjà présents

Quand l'axe de la force d'aspiration commence à se voir, on pensera peut-être « alors il faut un instrument neuf ? ». La conclusion, c'est non. Comme le VPD est une grandeur qui se

décide à partir de la température et de l'humidité, avec les deux——le thermomètre et l'hygromètre du mur——, on y arrive déjà. Qu'on cherche dans un abaque ou qu'on calcule avec une formule de conversion, la valeur qui sort est la même. Plutôt qu'une machine neuve, c'est de la nature de relire les deux chiffres que l'on a déjà non comme « proportion », mais comme « aspiration ».

Si quelque chose manque, ce n'est pas l'instrument, mais plutôt « d'où » est l'aspiration. Le thermomètre et l'hygromètre du mur mesurent généralement l'air du centre de la salle. Mais l'aspiration était une affaire de ce que ressent la plante——la feuille. Quand les plantes s'alignent serrées et que les feuilles s'épaississent, à l'intérieur de cette densité la sensation de l'air est différente de l'extérieur. En y mettant la main, c'est un peu confiné. Dans une même salle coexistent des lieux à aspiration forte et à aspiration faible. Un point de la salle ne regarde que cette moyenne.

Pourquoi la gestion de l'humidité est importante——le piège propre à l'espace clos

La ferme verticale subit peu l'influence de l'air extérieur mais, étant un espace clos, l'humidité tend à s'y confiner. Du côté qui affaiblit l'aspiration——c'est-à-dire le côté d'une humidité trop élevée——, il y a plusieurs freins.

D'abord, la **condensation**. L'eau que l'air ne peut plus porter sort en gouttelettes sur les murs froids, les équipements ou la feuille. L'endroit condensé devient facilement un repaire de moisissures, et si des gouttelettes se posent sur la feuille, le pathogène prolifère aussi facilement. Cela mène aussi à des courts-circuits du système électrique et à la corrosion du métal. Les germes eux-mêmes sont partout et ne peuvent être ramenés à zéro. C'est pourquoi la visée n'est pas de « ne pas les laisser entrer », mais de **ne pas les augmenter ni les étendre** par condensation ou confinement. Cela se ramène à ne pas créer d'état propice à la condensation par une plantation dense mal ventilée ou par des changements brusques de la température ambiante.

Et le côté d'une humidité trop élevée est aussi l'entrée de l'**étiolement**, où la plante file longue et fine (l'étiolement est traité dans la seconde moitié de ce chapitre). À l'inverse, le côté d'une aspiration trop forte a un autre piège, et c'est l'histoire du tip burn qui suit.

La distinction avec le tip burn——le même « dessèchement de pointe », mais des causes opposées

Si l'on parle du problème auquel le terrain se heurte d'abord en lien avec l'humidité, ce sera le **tip burn**, où la pointe de la feuille se dessèche et devient cassante. Et, de plus, ce n'est pas la vieille feuille, mais la pointe de la feuille neuve, celle qui pousse avec le plus de vigueur, qui est atteinte.

En tenant compte de l'histoire de l'aspiration, ici une distinction devient nécessaire. Car le tip burn sort **aussi bien avec une aspiration faible qu'avec une aspiration forte**. C'est pourquoi, à l'aspect seul du symptôme, on ne distingue pas de quel côté est venu le dommage.

La vraie identité, c'est, en somme, que le calcium n'atteint pas la pointe de la feuille. Le calcium est transporté en montant sur le flux de la transpiration et, une fois arrivé quelque part, c'est un nutriment qui s'installe et ne bouge plus. C'est pourquoi, à la pointe de la feuille neuve, la plus lointaine et celle qui le demande le plus, la carence apparaît en premier. L'étrangeté que ce soit la feuille vigoureuse qui soit atteinte vient de ce que sa demande est la plus grande.

Sur cette base, les deux côtés se répartissent en pile et face.

- **Le côté à aspiration faible** (l'endroit confiné au fond de la densité) : comme le flux lui-même ne naît pas, on ne peut pas transporter. C'est un embouteillage à sortie fermée.
- **Le côté à aspiration trop forte** (la période où le vent frappe, ça tend à sécher et ça pousse à vive allure) : bien que la feuille entière sorte de l'eau, la vitesse d'allongement est plus grande, et avant que le flux n'atteigne la pointe, il est épuisé du côté du corps principal. Il y a du flux, mais l'extrémité est laissée en arrière : c'est, pour ainsi dire, la pointe qui perd la course à la distribution.

Bien que le résultat de ne pas atteindre soit le même, la cause est opposée selon que c'est bouché ou que c'est perdu dans la distribution. C'est pourquoi, pour avancer un diagnostic, plutôt que le symptôme lui-même, on regarde ensemble « où c'est sorti » et « vers quel côté allait l'aspiration à ce moment ». Si ça sort un jour où la rangée du fond, où l'air se confine, est stagnante dans son ensemble, on soupçonne le côté faible ; si ça sort en période de pousse à vive allure dans un endroit où le vent frappe, on soupçonne le côté fort.

Gardez ceci : comme c'est un problème de façon de distribuer, même en concentrant simplement le calcium de la solution nutritive, il atteint difficilement les jeunes feuilles

intérieures. Plus que la quantité totale, c'est le flux qui le fait arriver qui agit. Les mesures compliquées contre le tip burn lui-même sont reprises dans la seconde moitié de ce chapitre.

Un coup réalisable demain, sans ajouter de machine

Si, après avoir lu jusqu'ici, il y avait un premier coup réalisable demain sans introduire de machine neuve, moi, je commencerais par mettre la main dans l'endroit qui paraît d'aspiration la plus faible.

Pas besoin d'outil. Mettez la main dans la rangée la plus reculée, où la densité est maximale et où l'air semble se confiner. Est-ce lourd et confiné comparé à l'extérieur, ou l'air bouge-t-il comme il faut ? Rien qu'avec ça, on sent physiquement où est le « lieu faible » de sa salle. Comme le chiffre du mur ne dit que la moyenne de la salle, le premier geste est d'aller chercher avec la main l'endroit laissé pour compte par rapport à cette moyenne. En même temps, si l'on sort une fois le VPD à partir de la température et de l'humidité actuelles, « par quelle zone je tourne en ce moment » commence à se voir aussi en chiffres.

Une fois trouvé, le suivant, c'est le vent. Sans introduire de machine neuve, changez un peu l'orientation ou la disposition des ventilateurs qui tournent déjà et essayez de faire passer l'air vers ce fond. Si le confinement se dissipe, l'aspiration du lieu le plus faible se rapproche de la moyenne de la salle et l'irrégularité diminue.

Au passage, l'été venu vient sans faute la scène où l'on demande « ne peut-on pas baisser le coût d'électricité de la déshumidification ? ». Relâcher la déshumidification, c'est pencher vers le côté qui affaiblit l'aspiration. Si l'on relâche toute la salle uniformément, ce qui crie en premier n'est pas la valeur moyenne, mais la rangée du fond, la plus faible. C'est pourquoi, avant le « de combien baisser ? », rabotez d'abord l'irrégularité et relevez le plafond du lieu faible——le jugement de relâcher n'arrive pas en retard si c'est après. Ce discernement, c'est-à-dire la largeur optimale de l'aspiration et l'équilibre avec le coût, si l'on y entre à fond, fait un livre entier. La suite de la façon de penser, je la laisse à « 172 Astuces pour Améliorer la Rentabilité des Fermes Verticales ».

Une dernière chose. Ce que j'ai vérifié moi-même sur le terrain, c'est seulement la plage des légumes-feuilles en ferme verticale, et l'histoire d'aujourd'hui est aussi une estimation dans ce toucher. Si le produit ou l'équipement change, la façon dont sort le lieu faible et la façon dont agit le vent changeront sans doute. C'est pourquoi, recevez aussi ce coup non comme une

réponse, mais comme une première prise pour mettre en doute votre propre terrain.

Après la température et l'humidité, nous tournons le regard vers le contenu de l'air lui-même——le CO₂ que la plante utilise comme matériau de la photosynthèse. Ici aussi, ce qui agit n'est pas seulement « combien il y en a », mais « s'il atteint la feuille ».

L'utilisation du CO₂



La plante absorbe par la photosynthèse le CO₂ de l'air et fabrique des nutriments comme le sucre pour croître. La concentration normale de CO₂ dans l'air est d'environ 400 ppm, mais dans une ferme verticale, en l'élevant, la photosynthèse est favorisée et la croissance s'accélère. Comme repère de la concentration intérieure, le courant est de l'élever finalement jusqu'aux environs de 1 000 ppm (ce « 1 000 ppm » est la concentration finale visée comme objectif, pas la quantité que l'on augmente).

En élevant la concentration, on peut espérer en gros les effets suivants.

- Si la lumière et la température suffisent, la vitesse de croissance monte et on peut raccourcir la période jusqu'à la récolte
- Si ces conditions sont réunies, on peut aussi augmenter la quantité récoltée pour la même surface
- La photosynthèse s'active et la plante pousse solidement

Méthodes pour élever la concentration

Élever la concentration de CO₂, c'est ce qu'on appelle l'« application de CO₂ ». Il y a principalement 3 façons d'apport.

1. Bouteille de gaz carbonique : adaptée aux installations relativement petites. On peut l'introduire à bas coût, mais elle demande le travail de remplacer la bouteille et un espace de stockage
2. CO₂ liquide : pour les installations de taille moyenne à grande. Peut fournir une grande quantité, mais comporte un coût d'introduction
3. Générateur de CO₂ par combustion : produit du CO₂ en brûlant du kérosène ou du gaz naturel. Le coût de fonctionnement est relativement bas, mais comme avec le CO₂ sortent aussi chaleur, vapeur d'eau et gaz de combustion, dans une installation à lumière artificielle fermée il faut traiter la chaleur résiduelle, la hausse d'humidité et les gaz de combustion (les conditions d'application diffèrent de celles d'une serre)

Quelle méthode choisir change selon l'échelle, le budget et la culture. Mais la façon de choisir l'appareil est une histoire qui a pour prémisse le « est-ce que ça atteint » dont on parlera après, et quelle que soit la méthode choisie, si on ne parvient pas à le transporter au contour de la feuille, l'effet est pareillement compromis. Pour la comparaison des coûts entre méthodes et le jugement de sélection, il suffit de saisir le cadre de la façon de penser et de le concrétiser dans les 172 astuces.

La gestion de la concentration elle-même combine généralement un capteur de CO₂ et un dispositif de commande. Le capteur mesure la concentration intérieure en temps réel, et le dispositif de commande règle automatiquement la quantité d'apport à partir de cette valeur.

Le capteur affiche 1 000, mais seule la rangée du fond ne pousse pas

À partir d'ici se trouve le point qui accroche le plus sur le terrain.

Beaucoup de terrains font tourner le CO₂ comme « maintenir à 1 000 ppm » et la CVC comme « respecter la valeur de réglage », avec des responsables différents et des capteurs différents. Or il arrive que, alors que le capteur affiche 1 000, dans la même salle seule la rangée du fond ralentisse en croissance. Au début, on pense que la photosynthèse a plafonné, mais en regardant bien, la rangée proche de la bouche de soufflage n'est pas si mal, et seule la rangée du fond, où l'air ne bouge pas, est lente. Quand c'est ainsi, ceci, plutôt qu'un problème de quantité de CO₂, est l'histoire de savoir si l'air bouge ou non.

Pourquoi cela se produit-il ? La feuille qui photosynthétise absorbe le CO₂ tout proche de sa surface et y crée une couche comme un film fin. On l'appelle « couche limite foliaire ». Si l'air d'ici ne bouge pas, ce qui est absorbé n'est pas réapprovisionné et seul le contour de la feuille reste à concentration faible. La concentration du contour de la feuille se décide, au final, par la soustraction de « combien l'air retransporte ce que la feuille a absorbé ». C'est pourquoi, même si le capteur de la salle affiche 1 000 ppm, à la surface de la feuille de la zone sans vent du fond, on n'obtient parfois qu'une quantité inférieure à cela. Ça ne vous dit rien ?

Chez les légumes-feuilles en ferme verticale entièrement à lumière artificielle, si la lumière est constante avec les LED, la différence de croissance par rangée ne peut s'expliquer par « il manque de la lumière ». Le chiffre du capteur est la valeur d'un point de la salle, et le contour de la feuille de la rangée du fond n'est pas forcément le même. Le problème, c'est « combien atteint réellement le contour de la feuille », mais tant qu'on regarde séparément le capteur d'un point, l'applicateur de CO₂ et la CVC, cette différence ne se voit pas.

La concentration et le flux d'air sont des problèmes distincts

Ce qu'il convient ici de saisir, c'est que **la concentration de CO₂ et le flux d'air sont des problèmes distincts.**

On a beau augmenter les applicateurs et porter toute la salle à 1 200, 1 300 ppm, s'il n'y a pas de mouvement au contour de la feuille, la couche limite reste fine et la rangée du fond reste pareillement lente. À l'inverse, la rangée proche de la bouche de soufflage, même avec un flux faible, renouvelle l'air, donc avec les mêmes 1 000 ppm cela atteint comme il faut. Autrement dit, combien atteint ne se décide pas par la quantité envoyée, mais par la méthode d'application et la façon de créer le flux d'air. Avant d'ajouter de la quantité, il faut d'abord se demander si le CO₂ est bien transporté.

Et, de plus, ce n'est pas que le CO₂, en ajoutant autant qu'on veut, agisse sans limite. Le CO₂ que la photosynthèse peut utiliser a un plafond, et dans une ferme verticale où la lumière et la température sont constantes, au-delà d'une certaine concentration, on a beau ajouter, le gain de rendement se fait petit. Ce qu'il est ici facile de confondre, ce sont l'état de « ça a saturé et plafonné » et celui de « ça paraît plafonner parce qu'on ne transporte pas jusqu'au fond ». Alors qu'en réalité c'est seulement le transport qui est bouché, si l'on croit que ça a saturé et qu'on augmente les applicateurs ou qu'on monte la concentration de la bouteille, à la fin du

mois il ne reste que les chiffres de « le coût du CO2 a augmenté mais le rendement n'a pas changé ». C'est le schéma où l'on jette le plus d'argent.

La prise pour distinguer n'est pas difficile. Collez au bout d'un bâtonnet un papier léger ou un mouchoir coupé fin et tenez-le à la hauteur de la feuille. Qu'à l'avant ça ondule et qu'au fond ça pende sans bouger rend déjà visible que « ici on ne transporte pas ». Sur cette base, sur un terrain où l'on a su que le fond est sans vent, avant d'ajouter du CO2 élevé, il arrive qu'il soit plus efficace de changer l'orientation du vent vers la stagnation du fond, ou d'ajouter un petit ventilateur de circulation. La façon de générer le vent elle-même est traitée ensuite, dans « La gestion de la CVC et du vent ».

Le CO2 est l'un des éléments de base de la ferme verticale, aux côtés de la lumière, de l'eau et de la température. On a beau ajuster la lumière ou la température, sans CO2 la plante ne pousse pas. Mais retenez que l'important dans l'application n'est pas seulement « à combien mettre la concentration de la salle », mais plutôt « si cette quantité se transporte jusqu'à la feuille du fond ». Le discernement de la concentration optimale, et le jugement du coût et de l'amortissement par méthode, ce pas plus approfondi, sont traités en détail dans « 172 Astuces pour Améliorer la Rentabilité des Fermes Verticales ».

Ce « est-ce que ça se transporte jusqu'à la feuille » qui est revenu tant de fois à propos du CO2—ce transporteur, c'est le vent. La température, l'humidité et le CO2, au final, atteignent la feuille en montant sur le flux de l'air. Regardons ici le vent lui-même, qui les transporte tous ensemble.

La gestion de la CVC et du vent

Nous avons vu la température, l'humidité et le CO2, et bien qu'on semble les gérer séparément avec des équipements séparés, en réalité ils sont reliés par un seul fil. Ce seul fil, c'est le flux de l'air, c'est-à-dire le vent. La ferme verticale subit peu l'influence de l'air extérieur mais, étant un espace clos, l'air tend à stagner et, si on laisse faire, naît la stagnation. On a beau ajuster la température, l'humidité et le CO2, si cet air ne bouge pas jusque-là où est la feuille, cela n'a pas de sens. Le vent est le transporteur qui les fait tous arriver ensemble à la feuille.

Le rôle que remplit le vent

Le vent a, à grands traits, les rôles suivants.

- **Faire arriver le CO₂ jusqu'à la feuille** : même si le capteur de la salle affiche 1 000 ppm, c'est la valeur d'un point de la salle. Aux endroits où l'air ne bouge pas, ce que la feuille a absorbé n'est pas réapprovisionné et seul le contour de la feuille s'amincit. Il y a des moments où il est plus efficace de mettre l'air en mouvement que d'augmenter la quantité d'application.
- **Égaliser l'irrégularité de température et d'humidité** : sous l'influence de l'éclairage ou de la CVC, selon l'endroit apparaissent des différences de température et d'humidité. En particulier, entre l'étage haut et l'étage bas d'un rack à étages, les différences de température sortent facilement, et le vent les égalise.
- **Renouveler l'air de la surface de la feuille** : à la surface de la feuille, il y a une fine couche d'air appelée « couche limite foliaire », et si elle ne bouge pas, l'entrée et la sortie du CO₂ et de l'humidité stagnent. Le vent fait bouger cette couche et aide l'entrée et la sortie.
- **Ne pas accumuler l'humidité** : dans un espace clos où l'humidité tend à monter, sortir la vapeur d'eau confinée au contour de la feuille est aussi le travail du vent. Comme les germes sont toujours présents, plutôt que de boucher l'entrée, il est efficace de ne pas les laisser se confiner ni s'étendre.

Le vent, c'est plus « la façon de distribuer » que « la quantité totale »

Pour générer du vent, on utilise principalement le « ventilateur » et la « fonction de soufflage de l'équipement de CVC ». Le ventilateur agit de façon localisée et la CVC fait tourner le vent dans toute l'installation : tel est le partage des rôles.

Ce qu'il convient ici de retenir, c'est qu'il **ne s'agit pas de rendre le vent fort**. Si l'on monte le débit d'air pour le faire atteindre le fond, cette fois la feuille de devant sèche trop ou subit un stress. Comme avec un seul bouton de débit tout est relié, en relevant le fond on ne relève pas l'avant. Ce qui agit vraiment, plus que de monter la quantité totale, c'est « la façon de distribuer ». Par exemple, ajouter un petit ventilateur de circulation seulement au fond ou dans les interstices des étagères, où l'air tend à stagner, et faire bouger seulement le point qui s'est aminci. Ainsi, pas besoin de monter le débit d'air de l'ensemble.

La base de la façon de distribuer n'est pas difficile non plus.

- Ne pas placer les ventilateurs face à face, mais faire en sorte que dans toute l'installation le vent fasse un tour dans une même direction (si les flux s'annulent, la stagnation reste)
- Les coins où le vent peine à contourner sont des habitués de la stagnation, donc les viser de façon intensive
- Pour égaliser la différence de température par étage du rack, en direction verticale ; pour uniformiser un large bac de culture, en direction horizontale——employer l'orientation selon le cas
- Ne pas diriger le vent en continu directement sur la feuille. Le faire passer au-dessus ou sur le côté de la plante (si on continue l'impact direct, la feuille s'abîme)

La stagnation se trouve par la température et l'humidité

La gestion de la CVC et du vent, si l'on saisit les bases, est simple. La zone où l'air stagne commence à se voir si l'on mesure la température ou l'humidité. Dans la même salle, là où seule la rangée du fond a une température élevée ou une humidité élevée, c'est la stagnation. Si l'on colle un papier léger au bout d'un bâtonnet et qu'on le tient à la hauteur de la feuille, l'absence de vent se voit à l'œil : à l'avant ça ondule et au fond ça pend sans bouger. Une fois l'irrégularité trouvée, on ajuste la façon de diriger le soufflage et on corrige peu à peu. Avec cela, on couvre l'essentiel.

Mais quand on arrive au point où, à cause de la façon d'assembler les étagères ou de la forme de la salle, on a beau ajouter des ventilateurs, le vent ne tourne pas, on entre dans le domaine de re-concevoir par le calcul le flux d'air lui-même. Cela devient aussi un grand jugement d'investissement, donc saisissez seulement l'entrée de la façon de penser, et la conception plus poussée est traitée dans « 172 Astuces pour Améliorer la Rentabilité des Fermes Verticales ».

Une fois la lumière, l'eau et l'air ajustés, le dernier élément, c'est la nutrition. En hydroponie, toute la nutrition dont la plante a besoin, on la donne dissoute dans l'eau par main humaine. Commençons par la façon de manier l'engrais lui-même, qui en est l'origine.

Le maniement de l'engrais

En hydroponie, on dissout l'engrais dans l'eau pour faire la solution nutritive. Dans ce paragraphe, nous voyons comment manier cet engrais lui-même. Comment mesurer et

renouveler la solution nutritive, je le laisse au paragraphe suivant, et ici je me limite à « quoi et comment formuler ».

Les conditions exigées de l'engrais dans une ferme verticale

La prémisses au moment de choisir l'engrais utilisé dans une ferme verticale, ce sont ces trois points.

- Solubilité dans l'eau : en hydroponie, l'engrais atteint la plante à l'état dissous dans l'eau. Qu'il se dissolve bien dans l'eau et s'absorbe facilement
- Pureté : utiliser un engrais de haute pureté, à faibles impuretés, stabilise l'équilibre des composants de la solution nutritive et réduit le risque d'inhibition de la croissance
- Rapidité d'action : comme on vise à récolter en peu de temps, la rapidité d'action que la plante absorbe aussitôt convient

Engrais simple et engrais complet

Il y a deux types d'engrais : l'« engrais simple » et l'« engrais complet ». L'engrais simple ne contient qu'un nutriment précis, comme l'azote, le phosphore ou le potassium. L'engrais complet est un engrais qui mélange à l'avance les nutriments nécessaires.

Avantages d'utiliser l'engrais complet

- Commode : le nécessaire est déjà formulé, et on économise le travail de préparation et de gestion
- Produit ajusté à l'objectif : il existe des produits ajustés à la culture et au stade de croissance, comme pour légumes-feuilles ou pour légumes-fruits

Avantages d'utiliser l'engrais simple

- Apport ponctuel : à partir du résultat de l'analyse de la solution nutritive, on peut ne reconstituer que le nutriment qui manque
- Formulation originale : en combinant plusieurs engrais simples, on peut créer une formulation propre

Lequel utiliser dépend de l'orientation de la culture. Mais au stade de tout juste commencer, où l'on ne sait pas lequel utiliser, il est recommandé d'entrer d'abord par l'engrais complet. La formulation à l'engrais simple prend son sens une fois qu'on commence à faire tourner.

« Bon marché, donc engrais simple » n'est pas toujours vrai

Le motif pour se mettre à l'engrais simple est généralement « le rendre moins cher que l'engrais complet du commerce ». Le prix unitaire de la matière première elle-même tend certes à baisser. Mais en échange se montent, en contrepartie du coût de l'engrais, les heures de mélange, le travail de mesure, le stock de plusieurs types qu'il faut détenir et le rebut de ce qui reste sans être utilisé. Si l'on produit peu et seulement de temps en temps, il arrive que la commodité de l'engrais complet l'emporte. Que ce soit bon marché ou non dépend de l'échelle et de l'exploitation, et en regardant seulement le coût de l'engrais, la partie ne se tranche pas.

La vraie valeur de l'engrais simple est, plus que le bon marché, dans la liberté de pouvoir déplacer le contenu en l'ajustant à la culture et au stade. Ce qui, dans l'engrais complet, est décidé en bloc, on peut l'ajuster au niveau de chaque ion. Si cette liberté est nécessaire ou non est la bifurcation de savoir si avancer ou non vers l'engrais simple.

Même si la CE colle, le contenu ne colle pas forcément

Ici, je pose une chose facilement mal comprise sur le terrain.

La concentration de la solution nutritive se mesure avec la CE (conductivité électrique), mais la CE ne regarde que la quantité totale de l'ensemble des ions dissous. Même si la somme est la même, son détail ne se reflète pas dans le compteur de CE. Qu'il y ait beaucoup d'azote et peu de potassium, ou l'inverse, le compteur donne le même chiffre.

Là où cela prend du poids, c'est dans la méthode de recirculation, qui réutilise la solution nutritive. Comme la culture n'absorbe pas les ions de façon uniforme, si on la fait circuler avec la formulation figée, il arrive que la CE se maintienne mais que seuls certains ions diminuent en silence. En particulier, les oligo-éléments comme le chlorure, le fer ou le manganèse tendent à s'épuiser plus tôt sans monter sur le mouvement de la CE. Quand « la CE colle mais, on ne sait pourquoi, la croissance ne brille pas », il arrive que ce biais du détail soit derrière. C'est pourquoi, restreindre à un ou deux les ions qui se reflètent peu dans la CE et qui diminuent facilement, et les vérifier de temps en temps séparément—rien qu'avec ça, on atteint plus vite l'amenuisement que la seule CE ne remarque pas.

Séparer la solution A et la B, c'est pour le calcium et le phosphore/soufre

Que ce soit en engrais complet ou simple, il existe un type qui se fait en séparant la solution mère en deux cuves (solution A et solution B). Pourquoi cela est nécessaire, l'important est de ne pas se tromper de raison.

Ce que l'on sépare, c'est le calcium et le « phosphore/soufre », pour ne pas les faire se rencontrer alors qu'ils sont concentrés. Le calcium, quand il se trouve avec le phosphore ou le soufre en haute concentration, forme un précipité. La vraie identité de ce blanc qui s'accumule au fond, c'est généralement ce phosphate de calcium. C'est pourquoi on réunit le nitrate de calcium dans une cuve et les types phosphore et soufre dans l'autre, et on ne mélange pas directement les solutions concentrées. Comme en diluant la concentration baisse, dans la solution nutritive finale le calcium et le phosphore/soufre coexistent sans problème. Le précipité ne fait peur, au fond, que dans la solution concentrée.

Au passage, on dit souvent « séparer le calcium et le magnésium », mais ce qu'il faut séparer, c'est le calcium et le phosphore/soufre. Et comme le précipité sort d'autant plus facilement que la température de l'eau est élevée (le phosphate de calcium, en se réchauffant, se dissout plutôt moins bien), en été on fait particulièrement attention à la préparation de la solution concentrée.

La formulation, « depuis l'ion », pas « depuis la CE objectif »

Alors, comment décide-t-on la quantité de formulation, qui est l'essentiel ?

Quand on n'est pas habitué, on tend à mettre la quantité du tableau de formulation pour que la CE soit à peu près celle de l'année précédente, à ajuster avec le compteur de CE et à conclure. Mais, comme on l'a vu, la CE ne regarde pas le détail. La voie correcte est l'inverse : décider d'abord la concentration objectif de chaque ion et, à partir de là, remonter à la quantité d'engrais simple par le calcul inverse. La CE n'est pas l'objectif que l'on va ajuster au début, mais l'outil pour vérifier à la fin « si ça ne s'est pas écarté » : tel est l'ordre.

À ce moment, l'astuce est d'égaliser par la réactivité de l'ion, pas par le poids, et ici apparaît l'unité mEq/L (milliéquivalent par litre). Car entre le potassium monovalent et le calcium divalent, à poids égal, la réactivité diffère presque du double. Cela dit, calculer cela à la main chaque fois n'est pas réaliste sur le terrain. En pratique, on calcule avec un tableur ou un outil de calcul de fertilisation.

La formulation de l'engrais est l'un des travaux importants de la ferme verticale. Elle exige à la fois l'expérience et les données, et avec le temps elle s'ancre comme votre propre compétence de formulation. À titre de référence, j'ai aussi préparé une feuille de calcul de fertilisation gratuite, « SimpleFert », que j'ai faite à partir de mon expérience de terrain. Il suffit d'y entrer les informations nécessaires pour calculer la quantité de formulation.

La procédure concrète de calcul inverse en mEq/L—depuis quel engrais simple commencer à remplir, comment soustraire les ions qui entrent en accompagnement, comment le déplacer en l'ajustant au stade de croissance et à la température de l'eau—entre dans le contenu de la conception de formulation, donc c'est rassemblé dans « 172 Astuces pour Améliorer la Rentabilité des Fermes Verticales ». Ici, ayez d'abord seulement cette posture : « le tableau de formulation n'est pas une valeur figée à mémoriser, mais un plan que l'on refait quand les prémisses s'effondrent ».

Si l'on dissout l'engrais dans l'eau, on obtient la solution nutritive. Comment mesurer et maintenir au jour le jour cette solution nutritive—voilà le travail central du quotidien de l'hydroponie.

La gestion de la solution nutritive



Dissoudre l'engrais dans l'eau, c'est ce qui donne la solution nutritive. Dans une ferme verticale, cette solution nutritive devient la ligne de vie qui conditionne la croissance de la plante. Au paragraphe précédent, nous avons vu comment choisir l'engrais lui-même ; ici, c'est l'histoire de comment gérer au jour le jour la solution nutritive qui le dissout.

Les nutriments contenus dans la solution nutritive

En hydroponie, à la place du sol, on utilise une solution nutritive qui mélange eau et engrais.

Les principaux nutriments contenus dans la solution nutritive sont les suivants.

- Azote (N) : favorise la croissance des feuilles et des tiges, et est indispensable à la synthèse des protéines et de la chlorophylle. Sa carence jaunit la feuille
- Phosphore (P) : favorise le développement de la racine et la formation des fleurs et des fruits, et participe au métabolisme énergétique. Sa carence empire le développement de la racine
- Potassium (K) : favorise la photosynthèse et élève la résistance aux maladies. Participe aussi à la régulation de l'eau dans la cellule. Sa carence dessèche le bord de la feuille
- Calcium (Ca) : renforce la paroi cellulaire et stabilise la croissance. Sa carence déforme la feuille neuve ou fait pourrir la pointe du fruit
- Magnésium (Mg) : composant de la chlorophylle, indispensable à la photosynthèse. Sa carence jaunit l'espace entre les nervures de la feuille
- Soufre (S) : composant des protéines, participe aussi à l'activation des enzymes. Sa carence jaunit la feuille dans son ensemble

On les appelle macronutriments, et si l'un d'eux manque, la plante ne pousse pas. En outre, les nutriments appelés micronutriments, bien qu'en faible quantité, sont aussi importants.

La base de la gestion de la solution nutritive : la CE et le pH

Les indicateurs particulièrement importants dans la gestion de la solution nutritive sont deux : la « CE » et le « pH ». Saisissons d'abord ces deux-là.

CE (conductivité électrique)

CE est l'abréviation de « Electrical Conductivity (conductivité électrique) » et exprime la facilité avec laquelle l'électricité circule. Comme quand l'engrais se dissout dans l'eau l'électricité circule plus facilement, en regardant la CE on connaît indirectement la concentration d'engrais dissous dans la solution nutritive.

- CE élevée : la solution nutritive est concentrée
- CE faible : la solution nutritive est diluée

Si la CE est trop élevée, la plante ne peut plus aspirer l'eau et il y a danger qu'elle se dessèche. À l'inverse, si elle est trop faible, la croissance s'arrête par manque d'engrais. Ajuster la concentration de CE appropriée selon l'espèce de plante et le stade de croissance est le point de départ de la gestion de la solution nutritive.

pH (concentration en ions hydrogène)

Le pH indique le degré d'acidité ou d'alcalinité de la solution nutritive. Là où la plupart des cultures absorbent les nutriments le plus efficacement, c'est autour du pH 5,5 à 6,5, légèrement acide. En sortant de cette plage, les problèmes suivants surviennent.

- Inhibition de l'absorption des nutriments : les nutriments de la solution nutritive s'absorbent difficilement
- Trouble de la croissance : le développement de la racine empire ou la couleur de la feuille empire
- Absorption insuffisante des oligo-éléments : le fer, le manganèse, etc., s'absorbent difficilement, ce qui mène à un mauvais développement

Comme le pH conditionne la facilité même de dissolution des nutriments, la base est d'abord de le contenir dans cette plage. Mais le pH bouge de lui-même à mesure que la racine absorbe les ions. Ce n'est pas une valeur qui, une fois ajustée, est réglée, et selon la culture et le substrat elle a aussi une marge de mouvement, donc tenez-le pour un objet que l'on va regarder chaque jour.

Fabriquer la solution nutritive

Pour fabriquer la solution nutritive, on mélange eau et engrais dans la bonne proportion.

1. **Préparation de l'eau** : on utilise eau du robinet, de puits, filtrée, etc., mais le cas de l'eau du robinet est le plus fréquent. Si l'on utilise un engrais contenant de l'azote ammoniacal, on élimine le chlore résiduel en la laissant reposer ou avec du thiosulfate de sodium, etc. 2.

Préparation de l'engrais : si l'on utilise un engrais complet, on dissout dans l'eau la quantité appropriée en suivant les instructions du produit. Pour un système de recirculation, il est efficace de préparer une solution mère (solution de réserve) d'environ 100 fois la concentration de la solution nutritive finale et de la rendre solution nutritive finale en la diluant avec un injecteur ou un dispositif d'apport automatique (non pas une « solution diluée 100 fois », mais la solution 100 fois concentrée avant dilution) 3. **Mélange** : on dissout l'engrais dans

l'eau peu à peu en remuant bien. Comme le calcium provoque un précipité dans la solution concentrée à haute concentration avec le phosphore et le soufre, il existe un type qui prépare la cuve de solution mère séparée en deux, A et B (dans la solution nutritive finale après dilution, le calcium et le phosphore/soufre coexistent) 4. **Ajustement de la CE et du pH** : on mesure avec le compteur de CE et celui de pH et, si nécessaire, on ajuste. La valeur de CE, si elle est sous l'objectif on ajoute de l'engrais, si elle est au-dessus on ajoute de l'eau pour diluer. La valeur de pH, si elle est basse on ajoute peu à peu un correcteur de hausse de pH, si elle est haute, un correcteur de baisse de pH

Gérer la solution nutritive

Pendant la culture, la solution nutritive n'est pas toujours dans un état constant. La gestion quotidienne suit ce flux.

1. **Mesure** : on mesure la valeur de CE et celle de pH au moins une fois par jour (si on baisse la fréquence, la saisie du changement prend du retard). En alignant les moments de mesure à la même heure chaque jour, il est plus facile de comparer les changements quotidiens. Dans les environnements à grande échelle, la mesure manuelle a une limite 2. **Enregistrement** : les valeurs mesurées s'enregistrent sans faute. Cela permet de saisir les changements et sert aussi à rechercher la cause quand un problème survient. Un cahier ou un tableur convient 3. **Ajustement** : si l'on s'écarte de la valeur objectif, on ajuste. Comme le pH, si on en met d'un coup en grande quantité, fait parfois précipiter les composants de l'engrais, on ajoute peu à peu 4. **Renouvellement de la solution nutritive** : si l'on continue la culture un certain temps, l'équilibre des composants de l'engrais se défait ou des composants inutiles s'accumulent. On effectue un « renouvellement de la solution nutritive », en la changeant périodiquement. La fréquence dépend de la culture et de la saison, mais en général le repère est une fois tous les 2 à 3 mois. Les légumes-feuilles à croissance rapide consomment vite, donc on monte la fréquence, et en été les micro-organismes s'activent et la dégradation s'accélère, donc on avance le calendrier

Il est fréquent de se trouver dans la situation « je ne sais pas la cause, mais d'une certaine façon la croissance ne va pas bien ». Avec l'expérience, on en vient à prévoir la cause, mais débutant ce n'est pas si facile. Dans ces cas, tenter le tout pour le tout avec un renouvellement de la solution nutritive est aussi un coup. Pouvoir prendre cette option quand

on est en peine est aussi l'une des forces de l'hydroponie

5. Observation : pas seulement la valeur de CE et celle de pH, mais on observe aussi bien l'état de la plante. S'il y a des changements de couleur ou de forme de la feuille, ou de la situation de croissance, il y a peut-être un problème dans la solution nutritive

La façon de penser la gestion de l'hygiène

La cuve de solution nutritive et la tuyauterie se nettoient périodiquement. C'est parce que, si des algues ou des débris s'accumulent, le pathogène prolifère facilement.

Mais quand on parle d'hygiène, on tend à pencher vers l'histoire de l'entrée de « d'où ne pas laisser entrer les germes », et la sensation du terrain est un peu différente. Les germes, d'emblée, ne peuvent être ramenés à zéro et sont partout. C'est pourquoi l'important est de « ne pas augmenter » et de « ne pas étendre » les germes. Avec les algues, c'est pareil : beaucoup s'en inquiètent, mais elles finissent par apparaître. Même si l'aspect est mauvais et sale, plutôt que de viser le zéro, il n'y a pas de problème à adopter l'attitude de les gérer pour qu'elles n'augmentent pas à l'excès. Plutôt que de s'appuyer sur la désinfection et de continuer à frapper, maintenir un état où la solution nutritive ne stagne pas et circule normalement est, au fond, plus stable.

Ajuster seulement ne suffit pas——l'OD et la déviation du détail

Jusqu'ici, c'est la base de la gestion de la solution nutritive. Chaque matin on applique le compteur, la CE et le pH sont selon l'objectif. Les chiffres du rapport quotidien sont proprement alignés. Et pourtant, d'une certaine façon, ça ne va pas. Vous avez sans doute déjà vécu ça.

Il y a beaucoup de terrains où, avec le seul ajustement, on couvre presque tout, mais quand sort un malaise qu'ajuster n'explique pas, il y a deux points faciles à manquer. L'un est l'oxygène dissous (OD) ; l'autre, la déviation du « détail » des nutriments.

L'oxygène dissous (OD) n'est pas une valeur que l'on ajuste, mais une valeur que l'on surveille. Même en gérant la CE et le pH en parallèle, ce que l'on regarde, ce sont généralement ces deux-là, et l'OD tend à passer après. Le gênant, c'est que le problème n'arrive pas toujours avec le même visage. La CE et le pH sont selon l'objectif, mais d'une certaine façon ça ne va pas. En y repensant après, cette période-là était invariablement quand la température de l'eau

avait monté, ou quand les racines avaient augmenté et étaient denses, et probablement l'OD avait chuté——c'est ainsi que ça arrive.

La CE et le pH sont des valeurs qui ne prennent sens que lorsque la racine peut réellement absorber les nutriments. Cette absorption tourne par la respiration de la racine, et la respiration a besoin d'oxygène. C'est pourquoi, quand l'OD chute, on a beau ajuster la CE et le pH selon l'objectif, du côté de la racine on ne peut plus tout utiliser. C'est un état où tout est prêt sur la table, mais la main ne se sert pas.

Et, de plus, l'OD n'est pas une valeur vers laquelle, comme la CE ou le pH, on va se rapprocher chaque jour d'un objectif. C'est une valeur qui sort comme résultat de conditions telles que la température de l'eau, la quantité de racines, le débit et l'aération. Les moyens de le déplacer——la méthode d'aération ou le réglage de la température de l'eau——sont généralement décidés du côté de l'équipement, et ne sont pas des boutons que l'on peut tourner au jour le jour sur le terrain. C'est pourquoi, ce que l'on peut faire à l'égard de l'OD, plutôt qu'opérer la valeur elle-même, c'est vérifier s'il ne chute pas et lire tôt la pente qui se dirige vers l'aggravation. Tenez-le non pour un objet à qui décider une valeur objectif et vers qui se rapprocher chaque jour, mais pour un objet que l'on surveille pour qu'il ne passe pas sous un certain niveau.

Dans la plage où j'ai fait tourner des légumes-feuilles en ferme verticale, j'ai pris pour repère du côté de la sécurité de ne pas laisser l'oxygène dissous passer sous 5 mg/L et, si possible, de maintenir autour de 8 mg/L. Mais ce n'est pas un seuil absolu valable partout, mais un repère de limite inférieure. Plutôt que « plus c'est haut, plus ça agit », tenez-le pour une ligne que l'on pose pour ne pas laisser passer sous celle-ci. Au moment d'enregistrer, plutôt que de laisser la valeur absolue de l'OD en un seul point, il vaut mieux laisser ensemble la température de l'eau et l'OD. Comme quand la température de l'eau monte le plafond même d'oxygène qui se dissout dans elle baisse, avec le même OD la chute quand la température de l'eau est élevée n'a pas de marge.

Une chose à retenir, c'est plutôt le fait que, à la période du problème, la CE et le pH se voyaient selon l'objectif. Cela ne sert pas de fondement à « donc la solution nutritive n'a pas de problème ». Plutôt l'inverse : quand l'OD s'échappe et que l'absorption ralentit, comme ce n'est pas consommé, la CE et le pH se voient stables. Que les chiffres proprement calés aient été, en réalité, l'envers du fait qu'on ne s'en servait pas——cette possibilité existe.

La CE ne parle que de la quantité totale

Aux côtés de l'OD, une autre chose facile à manquer, c'est la nature de la CE elle-même. La CE est un chiffre qui regroupe en bloc la concentration de l'ensemble. Elle additionne toutes les concentrations d'ions séparés—nitrate, potassium, calcium, magnésium—en une seule conductivité. C'est pourquoi, même si la somme est selon l'objectif, la proportion du contenu ne colle pas forcément.

Et, de plus, ce détail se déplace de lui-même même si on le laisse faire. Comme la racine n'absorbe pas les ions de façon uniforme, selon le stade de croissance et le produit sortent ceux qu'elle absorbe bien et ceux qu'elle laisse sans absorber. Par exemple, à une période où elle absorbe bien le potassium, même si avec la solution de reconstitution on revient à la même CE, pendant qu'on ajuste la quantité totale en ajoutant le potassium qui a diminué, les autres ions restés sans être absorbés s'accumulent peu à peu. La CE est la même, mais le contenu penche vers autre chose que la solution faite au début. Plus on réutilise la solution en recirculation, plus cette déviation s'accumule.

Autrement dit, « la CE colle mais ça ne va pas » n'est pas qu'une affaire d'impression. Au moment où on l'arrondit en un seul chiffre, la CE, l'information du détail est perdue. Mais mesurer chaque ion séparément chaque jour n'est pas non plus réaliste. Plutôt, il faut continuer à utiliser la CE en l'assumant comme gestion de la quantité totale et, sur cette base, avoir pour prémisse que « même si la quantité totale colle, le détail peut dévier ». Et la déviation du détail se contient par l'exploitation—renouvellement périodique de la solution nutritive et, si des signes apparaissent, la refaire par avance. Avec cela, ça suffit. Je relève quelques signes qui servent de matière de jugement pour l'avancée.

| Signe | Détail | | --- | --- | | Instabilisation de la CE | Un ajustement fréquent devient nécessaire, ou il y a des variations imprévues | | Changement brusque du pH | Même en ajustant le pH, il revient aussitôt à une valeur anormale, ou la variation est grande | | Couleur ou odeur de la solution nutritive | Turbidité, décoloration ou odeur désagréable | | Stagnation de la croissance | Le bourgeon neuf pousse lentement, la feuille est petite, la tige est fine | | Aggravation de l'état de la racine | On observe brunissement, ramollissement ou mort de la pointe de la racine | | Apparition de maladie | La pourriture des racines ou les maladies de la feuille augmentent |

Le malaise ne sort pas le jour même, mais des semaines plus tard

Que ce soit l'OD ou la déviation du détail, ils ont une nature commune. L'effondrement ne sort pas le jour même, mais apparaît avec retard. Même si le chiffre d'aujourd'hui est dans la plage normale, cet effondrement revient converti en le rendement ou le grade de qualité de semaines plus tard. C'est pourquoi, si l'on relit le journal de la solution nutritive non seulement avec « combien c'était aujourd'hui », mais avec l'œil de « y a-t-il eu une semaine d'effondrement et qu'est-ce qui bougeait alors du côté des conditions ? », pour la première fois cela se relie à la croissance. Avancer d'un pas ici, concevoir l'enregistrement comme KPI et refaire la déviation du détail avec de l'engrais simple—ce jugement d'exploitation plus poussé est traité en détail dans les 172 astuces.

Le goût bouge par l'exploitation, pas par la méthode

L'histoire de la gestion de la solution nutritive se relie, telle quelle, à l'histoire du « goût ». « Le produit d'installation est fade », « ça n'a pas d'amertume et c'est un peu décevant »——aux légumes de culture intérieure, cette évaluation colle à la peau. Et on en rejette généralement la faute sur le type d'installation.

Mais plus on produit et vend sur le terrain, plus on sait que ce n'est pas si simple. Le goût change pas mal avec le temps écoulé depuis la récolte. Avec la même plante, la douceur diffère entre la récolte du matin et celle du soir. Selon comment on gère juste avant l'expédition, la façon dont sort l'amertume change aussi beaucoup. Le type d'installation lui-même génère certes des différences de goût, mais la marge que l'exploitation peut déplacer au sein d'une même méthode est aussi grande.

Par exemple l'amertume. En laitue hydroponique, rien qu'en arrêtant la fertilisation 2 à 4 jours avant la récolte, le nitrate de la feuille, qui est à l'origine de l'amertume, baisse pas mal. Et, de plus, si les conditions sont bonnes, pendant ce temps le rendement ne baisse presque pas. On tend à se mettre en garde avec « rapprocher le goût sacrifie la quantité », mais, pour l'amertume, il y a de la marge pour la retirer en maintenant la quantité. En légumes-feuilles et ferme verticale, ce qu'on fait dans les quelques jours avant la récolte est un levier clair pour déplacer le goût. Mais ce n'est pas une panacée, et d'autres coûts sortent, comme que trop restreindre l'azote pâlit la couleur de la feuille.

L'important ici, c'est que la douceur, l'amertume et l'arôme atteignent chacun leur pic dans des conditions différentes. La condition où le sucre monte et la condition où le nitrate devient

minimal ne sont pas la même. « Le réglage qui maximise la quantité » et « le réglage qui maximise la douceur » sont aussi à des positions différentes du même cadran. C'est pourquoi, si l'on ne restreint pas la visée à une seule, tous les cadrans restent arrêtés à une position à moitié. Qu'un légume cultivé sans décider la visée atterrisse sur « un goût sans caractère, fade » n'est pas par cupidité, mais parce que, faute d'axe, chaque procédé oscille à moitié. La vraie identité du produit d'installation qu'on dit fade, c'est, plus que la méthode, l'absence de cette visée.

C'est pourquoi, ce qu'il faut faire d'abord, ce n'est pas se mettre d'emblée à toucher la lumière ou l'engrais. C'est savoir ce que sa propre variété et cette installation peuvent sortir et ne peuvent pas sortir. L'arôme tend à plafonner sur la limite que la variété a d'origine, et on a beau serrer l'exploitation, la variété qui n'aromatise pas aromatiser difficilement. Si, lors des premières cultures, sans osciller la visée, on produit calmement dans les mêmes conditions et qu'on mange tel quel, la nature de « cette variété d'origine n'aromatise pas » ou « la douceur monte facilement » commence à se voir. Ce n'est que lorsqu'on sait quel axe on peut déplacer qu'on peut choisir où en dresser un.

Cela dit, quel goût viser pour qu'il se convertisse en prix unitaire, avec quel débouché s'associer, les conditions où la premiumisation du goût tient—cette histoire directement liée au bénéfice est traitée à fond dans les 172 astuces.

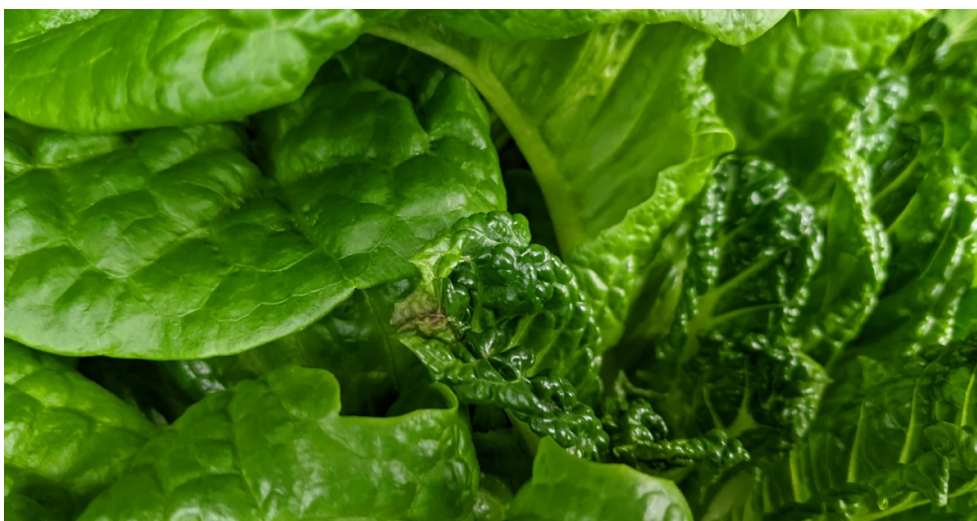
Amélioration de la précision en exploitant les données

En utilisant les données, la précision de la gestion de la solution nutritive monte encore.

- Registre de culture : enregistrer la valeur de CE, celle de pH, la température de l'eau, le type et la quantité d'engrais et la situation de croissance, et saisir la relation entre l'état de la solution nutritive et la croissance
- Analyse de la solution nutritive : en la confiant à un organisme spécialisé, on peut saisir précisément la concentration de chaque composant de la solution nutritive. Ajuster la formulation à partir du résultat de l'analyse permet une gestion plus appropriée
- Exploitation des données environnementales : si l'on analyse en reliant les données environnementales comme température, humidité et concentration de CO₂ avec la valeur de CE, celle de pH et la situation de croissance, la précision du contrôle environnemental et de la gestion de la solution nutritive monte

Tant que l'on pense la solution nutritive comme une valeur qu'on finit par ajuster chaque jour avec le compteur et noter sur le rapport quotidien, la solution nutritive reste un « travail d'ajuster ». Mais, dès l'instant où l'on change le regard vers le fait que cette façon d'ajuster agit sur la récolte de semaines plus tard, la gestion de la solution nutritive se change en une piste pour lire la croissance. Essayez de relire une fois, avec cet œil, le journal de cette semaine. Jusqu'ici, le socle de la culture——lumière, eau, air et nutrition——s'est réuni d'un trait. Même si le socle est en ordre, sur le terrain sortent des problèmes de croissance. Pour finir, regardons les deux auxquels le débutant se heurte le plus tôt——le tip burn et l'étiollement.

Le tip burn



« Une laitue qui poussait sans problème et, juste avant la récolte, la pointe de la feuille s'est mise à se dessécher et devenir cassante et brune ». Quand on cultive des légumes-feuilles dans une ferme verticale, le tip burn est un trouble de la croissance qu'on ne peut pas contourner. Moi aussi, j'en ai longtemps beaucoup souffert.

Qu'est-ce que le tip burn

C'est un trouble physiologique où la pointe ou le bord de la feuille se dessèche et brunit. Au début, c'est à peine une légère décoloration de la pointe, mais en avançant la partie desséchée s'étend. Dans le cas de la laitue, ce qui sort avec une facilité particulière, c'est dans les jeunes feuilles intérieures, proches du cœur de la pomme (la partie centrale de la laitue pommée). Les grandes feuilles de l'extérieur sont turgescentes et en forme, mais seul le bord des petites feuilles du centre se dessèche et devient cassant. Si vous sentez que « la

pointe de la feuille est devenue un peu noire », ce peut être un signe.

Bien qu'on dise « carence en calcium »

Sur le terrain, on dit d'abord « carence en calcium ». Alors on ajoute du Ca. Mais ça ressort. Si vous avez cette expérience, la cause est ailleurs.

D'après mon expérience, les cas où la concentration de calcium de la solution nutritive elle-même est insuffisante ne sont en réalité pas si nombreux. Dans bien des cas, le Ca de la solution suffit. Et pourtant le symptôme sort. Autrement dit, le tip burn, plus que de manquer de la **quantité totale** de Ca, c'est que le Ca **n'atteint pas** les feuilles intérieures——ce n'est pas la quantité elle-même, mais comment il est distribué à l'intérieur de la plante, ce problème de la « distribution ».

C'est pourquoi ajouter de l'engrais de Ca à tout-va en pensant « s'il en manque, augmentons-le » est généralement contre-productif. On a beau concentrer la solution, si la destination est biaisée, ça n'atteint pas le cœur. Bien plus, la CE monte ou ça entre en dispute avec d'autres ions, et cela invite un autre malaise.

Pourquoi la « distribution » se défait

Le Ca est transporté avec l'eau, en circulant par les vaisseaux de la plante. Et l'eau est tirée vers où il y a beaucoup de transpiration.

Ce qui compte ici, c'est la différence par étagère. Plus une étagère est forte, à laquelle on donne bien la lumière, plus les grandes feuilles de l'extérieur transpirent activement. Alors le Ca est tiré de plus en plus vers ces feuilles extérieures. En revanche, les jeunes feuilles du cœur transpirent encore peu, et à l'intérieur de la plante l'humidité est élevée et l'air bouge aussi difficilement. Comme le flux d'eau lui-même est fin, le Ca n'atteint pas. Que seul le centre de l'étagère forte, la plus vigoureuse et celle dont on veut le plus récolter, se dessèche——le mécanisme est là.

Que ça sorte d'autant plus facilement qu'on attaque une croissance rapide est pour la même raison. Plus ça pousse vite, plus les jeunes feuilles intérieures se multiplient les unes après les autres, et à mesure qu'on distribue, de nouvelles feuilles augmentent. L'arrivée au cœur cesse de rattraper la vitesse de la croissance. « Vite et grand » et « sûr jusqu'au cœur », poussés à fond, ne regardent pas dans la même direction. C'est aussi la difficulté des mesures contre le

tip burn.

Les mots-clés sont « transpiration » et « vitesse de croissance »

L'entrée des mesures est dans ces deux-là.

- **Transpiration** : une humidité trop élevée contient la transpiration et baisse aussi l'activité de la racine. À l'inverse, si elle est trop basse, l'eau est tirée seulement vers les feuilles extérieures et le cœur, au contraire, s'assèche. Comme l'humidité est profondément liée au tip burn, on la maintient ici avec soin (voir aussi le paragraphe de la gestion de l'humidité).

- **Vitesse de croissance** : si une croissance trop rapide aggrave le symptôme, on revoit dans le sens de **baiss**er la quantité de lumière, la température et le CO₂, c'est-à-dire de freiner un peu la croissance (comme l'accélérer aggrave, ici on n'augmente pas, on réduit).

La façon de diriger le vent est aussi en jeu. Si l'on fait passer, horizontal le long de l'étagère, un flux d'air stable et uniforme, la distribution vers le cœur change. À l'inverse, un vent fort et désordonné qui ne fait que sécher le bord des feuilles extérieures est plutôt nuisible. Même pour le même « vent », considérez qu'un flux stable et uniforme et un vent fort désordonné sont deux choses distinctes.

Comment traiter ce qui est sorti

On a beau épuiser la prévention, ce qui sort, sort.

Même si le tip burn sort, son effet sur le goût lui-même est limité. Mais l'aspect est nettement moins bon. Comme le légume se choisit à l'aspect, cela retentit sur la qualité d'expédition. On est donc forcé de juger s'il faut retirer les plantes à symptôme léger ou ôter la partie abîmée avant de les sortir.

Une seule chose ici. N'essayez pas d'ôter à toute force jusqu'au tip burn minuscule. Si l'on arrache la feuille à tort et à travers, il arrive que la putréfaction avance depuis la blessure. Plutôt que d'aller chercher tout ce qui est sorti, il vaut mieux discerner si c'est au niveau qui retentit sur la qualité d'expédition et mettre la main alors. Ainsi, au total, on y gagne.

Le voir comme un seul fil, celui de la distribution

Il y a des différences de tolérance selon la variété. Chez les types qui ont de la marge dans le port de la feuille, l'eau circule facilement jusqu'à l'intérieur, et chez les variétés dont la croissance s'emballe peu, le défaut de distribution est aussi plus lent. Mais c'est un coup qui relâche un peu en bloc le système enchaîné, et si l'on attaque trop, ça sort normalement même chez les variétés fortes. L'histoire ne se referme pas avec la variété.

De même, si l'on touche un seul facteur——« baisser seulement l'humidité », « renforcer seulement le vent »——, la charge retombe sur un autre facteur. Si l'on baisse seulement l'humidité, le cœur s'assèche encore plus ; si l'on renforce seulement le vent, le bord des feuilles extérieures s'abîme. Le tip burn est un symptôme qui se produit en reliant la lumière, la vitesse de croissance, le flux d'air, la transpiration, la zone racinaire et la solution nutritive. Ne pas attaquer en solitaire, mais le voir comme un seul fil, est ce qui s'embrouille le moins.

Face à une plante atteinte, depuis quoi et dans quel ordre soupçonner. Comment osciller l'environnement de finition, restreint à quelques jours avant la récolte. Comment distinguer si c'est un problème de flux ou si le Ca de la solution a vraiment touché le fond. Le concret de cette zone, étant un point de discernement directement lié au bénéfice, est rassemblé en détail dans le prochain recueil d'astuces.

« 172 Astuces pour Améliorer la Rentabilité des Fermes Verticales »

Si le tip burn était l'histoire de « atteint ou n'atteint pas », l'autre problème représentatif, l'étiollement, est l'histoire de « s'allonge ou ne s'allonge pas ». De débutant, avoir ces deux mémorisés en paire est rassurant.

L'étiollement

Aux côtés du tip burn, un autre trouble de la croissance représentatif est l'« étiollement ». L'étiollement est le phénomène où la plantule file longue et fine et allonge la tige plus que nécessaire. C'est proche d'imaginer comment une plante d'intérieur près de la fenêtre file longue et fine vers le côté où il y a de la lumière.

Quand l'étiollement se produit dans une ferme verticale, ces effets sortent.

- Baisse du rendement : seule la tige s'allonge et la feuille, qui est l'essentiel, reste petite.
- Baisse de la qualité : le tissu devient mou, et la conservation et le goût baissent. La paroi cellulaire s'amincit et devient aussi faible face aux maladies.

- Baisse de l'efficacité du travail : ça se couche facilement et le travail de récolte et de gestion des cultures augmente.

Et le gênant, c'est que l'entre-nœud, une fois allongé, ne revient pas à son état initial. Que l'hypocotyle une fois allongé se raccourcisse et revienne à sa longueur initiale, même en ajustant l'environnement, je ne l'ai pas vu dans la plage de ce que j'ai observé sur le terrain. C'est pourquoi, considérez l'étiollement comme quelque chose qu'on « lit d'avance avant qu'il sorte » plutôt que comme quelque chose qu'on « corrige après qu'il est sorti ».

D'abord soupçonner la densité, et ensuite lire l'environnement

Quand l'étiollement sort, on tend sans le vouloir à chercher le bouton de l'environnement avec « allez, comment l'arrêter ? ». Mais avant cela, il y a un ordre de regard.

Ce dont on soupçonne d'abord, ce n'est pas l'environnement. Ce sont **la variété, la densité de semis et le nombre d'alvéoles**. Avec le même environnement, la variété encline à filer file. Si l'on sème serré dans le plateau, le seul fait de se serrer avec la voisine allonge la plantule. Le nombre d'alvéoles du plateau de production de plants (72, 128, 200 alvéoles, etc.) conditionne aussi, non pas seulement « combien on peut produire », mais « quel port de plantule sort ». Plus l'alvéole est petite, plus la marge pour que la racine s'étende est étroite, et cela agit en défaveur d'autant plus que la période de production de plants de la culture est longue.

Même dans la plage de ce que j'ai observé sur le terrain, l'étiollement qui s'expliquait, avant de se casser la tête sur l'environnement, par « ce plateau, n'a-t-on pas simplement trop semé ? l'alvéole n'est-elle pas trop petite ? » n'était pas rare. C'est pourquoi, d'abord, ordonnez la variété, la densité et le nombre d'alvéoles. C'est le premier échelon.

Sur cette base, ce qui reste encore se lit avec le bouton de l'environnement—les 3 facteurs de **lumière, température nocturne et humidité**. Dit autrement, quand la vraie cause est la densité ou la variété, on a beau tourner les 3 de l'environnement, on rate le coup. Si l'on pense seulement « étiollement = les 3, lumière, humidité, température », on saute le premier échelon, celui qui agit le plus. L'ordre, c'est la densité d'abord, l'environnement ensuite.

Distinguer les 3 facteurs de l'environnement par le port de la plantule

Que la tige s'allonge est une réaction que la plantule provoque en percevant la lumière. Si on la serre et qu'elle est cachée par la feuille voisine, ou si la lumière elle-même est faible, la plantule allonge la tige en cherchant la lumière. C'est la vraie identité de l'étiollement. Les 3 facteurs restants se devinent en prenant pour indice le port de la plantule. On ne peut pas les distinguer complètement, mais ils servent d'ordre de priorité de quoi soupçonner ensuite.

- **Lumière faible** : en échange de l'allongement de la tige, la feuille elle-même tend à être fine et de couleur pâle. C'est le port de qui jette le corps vers la lumière.

- **La température nocturne ne baisse pas franchement** : quand ça s'allonge parce qu'après l'extinction la chaleur se confine, la feuille garde son épaisseur et sa couleur et seul l'entre-nœud file. Ça sort facilement quand coïncident le lieu de l'étagé bas et le temps de la nuit.

- **L'humidité se confine** : dans les plages horaires ou les étagères où la déshumidification agit mollement, la transpiration s'arrête, et la feuille s'épaissit un peu grande et molle en gardant sa turgescence, et en dessous la tige file mollement.

Autrement dit, pas seulement la longueur de la tige, mais on regarde ensemble **quand, où et comment est la feuille**. Si la feuille est aussi fine et pâle, ça tire vers la lumière ; si la feuille est normale et seul l'entre-nœud file, ça tire vers la température nocturne ; si dans une étagère à humidité confinée c'est mou, ça tire vers l'excès d'humidité——voilà la façon de deviner.

Mais ce n'est pas un outil pour confirmer la cause principale, c'est un repère pour deviner. En particulier, l'étagé bas de l'étagère de culture est un lieu où la lumière, la température nocturne et la déshumidification tendent à mollir en même temps, et ça se brouille justement là où on veut le plus l'utiliser. Si ça se brouille, ne le tranchez pas sur une seule.

L'étiollement qui est sorti et ne pas le sortir la prochaine fois sont deux histoires distinctes

Ici, il y a une chose que je veux séparer. **Que faire de la culture qui s'allonge maintenant et ne pas sortir le même étiollement à la culture suivante** sont deux histoires distinctes.

La plantule qui a déjà commencé à s'allonger est une course contre le temps, et si l'on bouge après avoir restreint la cause à une seule, pendant ce temps l'allongement avance. C'est pourquoi, à l'étiollement qui sort maintenant, on tire en bloc vers le côté conservateur sans attendre d'identifier la cause. On relève la lumière, on baisse la température nocturne, on

renforce la déshumidification. Mais comme bouger d'un coup et beaucoup est en soi un stress, faites-le par étapes et, de plus, **ne montez pas encore sur l'étagère où la lumière suffit déjà**. La lumière n'est pas meilleure plus il y en a, et le relèvement est nécessaire sur l'étagère faible, pas sur celle qui suffit.

En revanche, la façon de lire qui restreint la cause à une seule prend vie en vue de la culture suivante. Le matin, alignez et comparez les plantules de l'étage haut et de l'étage bas, et devinez, en regardant la longueur de la tige, la couleur et l'épaisseur de la feuille, et la mollesse de la feuille, laquelle répond de la voix la plus forte. Sur cette base, si dans le lot suivant vous bougez seulement la suspecte et voyez le changement dans la façon dont ça sort, vous pouvez confirmer la cause principale. Si dans la même culture vous touchez les trois à la fois, on cesse de savoir lequel a agi. Confirmer un par un prend justement son sens dans un lot différent.

Comment traiter la plantule allongée

La plantule qui s'est déjà allongée d'un coup change de sens du coup selon l'étape.

Si l'allongement est encore à la phase initiale de l'hypocotyle et que la vraie feuille va se déployer à partir de maintenant, ajuster l'environnement vaut bien la peine. C'est parce que l'allongement de l'entre-nœud d'ici peut s'arrêter, et qu'il reste de la marge pour redresser le port du côté de la vraie feuille qui s'empile par-dessus. En revanche, si l'entre-nœud est déjà filé et tend à se coucher, et que la vraie feuille commence aussi à se déployer en héritant de l'allongement, le jugement de tirer un trait sur cette plante comme calibre sort aussi. Placez le cœur de la ligne sur « **si la vraie feuille a hérité de l'allongement ou non** », et regardez-le avec le point de croissance, la vie ou la mort de la racine et l'étape de la période de culture. À une phase précoce de la production de plants, repiquer est parfois efficace, et si la récolte est proche, il est parfois plus avantageux de récolter la plante étiolée telle quelle sans la redresser de force.

Ne pas le sortir à la culture suivante : la vérification avant le semis

Si la tige allongée ne revient pas, la valeur du coup est, après tout, du côté de « ne pas le sortir à la culture suivante ». L'ordre de vérification est le même : d'abord la densité, ensuite l'environnement.

- **Densité de semis et nombre d'alvéoles** : par rapport au port de plantule visé et à la période de production de plants, n'a-t-on pas trop semé ? l'alvéole n'est-elle pas trop petite ? Quand les feuilles commencent à se chevaucher avec la plante voisine ou que les feuilles basses commencent à jaunir, c'est le moment de l'éclaircissage ou du repiquage.
- **Lumière** : mesurer d'avance la quantité de lumière par position d'étagère. Même avec la même LED, à l'étage bas l'arrivée est parfois plus faible, et l'étagère faible le renvoie en allongement.
- **Température nocturne** : regarder d'avance, par étagère, comment baisse la température après l'extinction. À l'étage bas, la chaleur se confine facilement la nuit.
- **Humidité** : relever s'il n'y a pas de plages horaires ou d'étagères où la déshumidification agit mollement.

Si l'on écrit ces choses, par étagère, avant le semis, au lieu de paniquer après avoir sorti l'étiollement, on peut lire le lieu faible avant qu'il sorte et s'y préparer. Plutôt que de blâmer la tige allongée, d'abord soupçonner la densité et, ce qui reste encore, le lire comme le signal de à quel réglage la plantule répond. Si l'on pense ainsi, le regard avec lequel on observe le plateau chaque matin devrait changer un peu.

L'étiollement est directement lié au rendement. Comment lire en combinant densité, lumière, température nocturne et humidité, jusqu'où attaquer et où tirer un trait—ce jugement est, tel quel, aussi l'histoire de la rentabilité de la ferme verticale. Ceux qui veulent recueillir encore plus largement des points de vue utilisables sur le terrain s'y reporteront aussi.

« 172 Astuces pour Améliorer la Rentabilité des Fermes Verticales »

Pour monter encore en niveau dans la gestion des cultures

Jusqu'ici, nous avons vu d'un trait la base de la gestion des cultures : du choix de la culture à la lumière, l'eau, la température, l'humidité, le CO₂ et le vent, l'engrais et la solution nutritive, et jusqu'au tip burn et l'étiollement. Même si chaque chose paraît une histoire indépendante, sur le terrain tout s'influence mutuellement. Si l'on déplace l'humidité, cela retentit sur le tip burn ; si l'on renforce la lumière, la température et la façon dont l'eau est utilisée changent. Rien qu'en gardant dans un coin de la tête cette « connexion », l'estimation quand un problème survient change pas mal.

Mais, à être franc, ce que j'ai écrit jusqu'ici n'est, au fond, que le socle. En sortant sur le terrain, sort sans faute la scène où l'on se perd avec « j'ai les connaissances, mais alors, par quoi commencer concrètement et où placer l'objectif ? ».

Par exemple, même si dans ce livre on peut montrer la lumière et la température jusqu'à la « plage adéquate », où est la valeur optimale pour sa propre ferme verticale et sa propre culture, on n'a d'autre choix que de le discerner en produisant. Même en réduisant le coût d'électricité ou le coût de personnel, où réduire pour qu'il reste du bénéfice sans baisser la qualité—ce jugement ne prend sens qu'après avoir saisi la base. Moi-même, j'ai mis longtemps à apprendre cela à tâtons.

Dans ce livre, je me suis attaché à réunir jusqu'à l'« entrée de la façon de penser » en amont de cela. La façon de discerner la valeur optimale, le jugement de la réduction des coûts, le peaufinage des chiffres—ce pas plus profond directement lié au bénéfice, je le laisse à « 172 Astuces pour Améliorer la Rentabilité des Fermes Verticales », rassemblé à part. D'abord, nivelez le terrain de la base avec ce livre et, quand l'envie d'entrer un cran plus profond vous prendra, j'espère que vous ouvrirez celui-là.

Résumé du chapitre 2

- **Le choix de la culture se voit, non par le produit, mais par « prix unitaire du canal × rotation × difficulté » et par « combien par surface et par jour ».** Que la laitue soit au centre n'est pas la réponse qui rapporte, mais le résultat d'avoir choisi la solution qui échoue le moins dans le format ferme. Les cultures nouvelles, après être passées par l'entrée de la rentabilité.
- **La lumière se saisit comme la multiplication des trois—intensité, couleur et durée (DLI).** Plus c'est lumineux n'est pas toujours mieux, et le point d'arrêt bouge selon le coût d'électricité.
- **Les méthodes d'hydroponie (NFT/DFT) n'ont pas de supériorité absolue.** Ce qui agit, c'est la gestion de l'eau après le choix. La déviation réversible se reçoit par la gestion, et l'accident irréversible s'efface d'avance par l'équipement et la prévention.
- **L'air ne se regarde pas séparément en température, humidité et CO₂, mais par s'il atteint la feuille.** Ce qu'on gère, c'est l'air ; ce qui répond, c'est la feuille. L'humidité non comme proportion, mais comme « force d'aspiration (VPD) » ; le CO₂ non comme

concentration, mais comme « s'il se transporte jusqu'au fond ». Ce qui les transporte tous ensemble, c'est le vent, et ce qui agit, c'est plus la façon de distribuer que la quantité totale.

- **En nutrition, avec la CE et le pH pour base, on surveille les deux points qu'ajuster seul ne suffit pas (l'oxygène dissous et la déviation du détail).** La CE ne parle que de la quantité totale, et la formulation se calcule par le calcul inverse depuis l'ion. L'hygiène n'est pas de ramener les germes à zéro, mais « ne pas les augmenter ni les étendre », sans s'appuyer sur la désinfection, par une circulation normale.

- **Les problèmes de croissance ne s'attaquent pas en solitaire.** Le tip burn n'est pas la quantité totale de Ca, mais la « distribution » ; l'étiollement, d'abord la densité, ensuite l'environnement. Tous deux se produisent en reliant plusieurs facteurs en un seul fil.

Même si chaque chose paraît une histoire à part, sur le terrain tout s'influence mutuellement. Une fois le socle affermi dans ce chapitre, le suivant, c'est la phase de peaufiner les chiffres en les ajustant à sa propre ferme verticale et à sa propre culture. Cette pratique un pas plus profonde se transmet au volume jumeau, « 172 Astuces pour Améliorer la Rentabilité des Fermes Verticales ».

Chapitre 3 : La gestion des opérations sur le terrain en pratique

Dans les chapitres précédents, nous avons vu comment se constitue, en tant que système, une ferme verticale. À partir d'ici, le propos se déplace vers ce qui se passe jour après jour à l'intérieur de cette boîte, et vers ce que fait la personne qui se tient sur le terrain. Entre connaître l'équipement et la théorie, et savoir réellement faire tourner le terrain, il reste encore une marche d'écart. Cette marche, c'est elle que nous allons combler ici.

Par où commence-t-on à apprendre la gestion des opérations sur le terrain ? Les trois couches : plantules, chiffres et personnes

« Au fond, on ne peut l'apprendre que par l'expérience. » C'est la conclusion à laquelle arrive volontiers celui qui vient d'entrer, à propos de la gestion des opérations sur le terrain. Et pour moitié c'est vrai. Mais cette phrase vient d'ordinaire en un seul paquet avec l'idée préconçue que ce qu'il faut apprendre est un seul bloc.

En réalité, la gestion des opérations sur le terrain se divise en trois couches de nature différente : lire la croissance des plantules, surveiller les chiffres, et mettre en ordre les personnes et l'organisation du travail. Ces trois-là s'acquièrent séparément et ce n'est que lorsqu'elles s'emboîtent que le terrain se met à tourner. Par où commencer à apprendre s'éclaircit aussi si l'on pense selon ces trois couches.

La couche qui lit les plantules, celle qui surveille les chiffres et celle qui met en ordre les personnes

Ayant vu passer bien des gens sur le terrain, je me suis rendu compte d'une chose. Parmi les nouveaux entrants, il y a celui qui regarde une plantule et saisit aussitôt « celle-ci a l'air un peu faible ». Mais cette même personne ne réagit pas du tout aux variations de la CE (un repère de la concentration de la solution nutritive) ni aux chiffres de la solution nutritive. À l'inverse, il y a celui qui suit les chiffres avec minutie mais ne ressent rien en regardant la plante réelle. Au début je croyais que c'était affaire d'expérience, mais ça n'a pas l'air d'une seule ligne.

La façon de voir les plantules et celle de voir les chiffres sont des forces distinctes. Regarder une plantule et saisir « elle a l'air faible » appartient à la couche qui lit la croissance de la

plante. C'est un monde qu'on apprend avec le corps : la fermeté et la couleur des feuilles, la façon dont s'allonge le cœur. En revanche, suivre la CE et les chiffres de la solution nutritive appartient à la couche qui surveille les chiffres. C'est une manière d'user de sa tête qui lit non la plante réelle, mais l'évolution dans le temps. Ce n'est pas que le peu d'expérience empêche de faire les deux : comme les couches sont différentes, elles s'acquièrent séparément. Voilà pourquoi il est courant que quelqu'un soit habile dans l'une et passe tout droit devant l'autre.

Et pour comble, plus une personne est habile avec la plante réelle, plus elle tend à dire « je n'ai pas besoin de regarder les chiffres, il me suffit de voir les feuilles ». On comprend le sentiment, mais il y a là un piège. Il y a des anomalies que les chiffres signalent en premier et, à l'inverse, des anomalies qui apparaissent d'abord sur les feuilles alors même que tous les chiffres sont normaux. Par exemple, le tip burn (symptôme où le bord de la feuille se dessèche) se déclenche quand une croissance soudaine fait que la répartition du calcium n'arrive plus à temps jusqu'aux jeunes feuilles de l'intérieur ; même si le chiffre du calcium de la solution nutritive est normal, si la manière de le répartir (le flux de la transpiration) ne suit pas, cela apparaît d'abord sur les feuilles. Alors avec une seule des deux, on laisse passer des choses. Ce n'est qu'en regardant les deux que les oublis commencent à diminuer.

Il y a encore une couche, distincte de la croissance et des chiffres. Les personnes et l'organisation du travail : le sens pour faire tourner qui fait quoi et quand. Il y a celui qui comprend les plantules et suit les chiffres et qui, malgré tout, est bizarrement maladroit pour donner des consignes aux gens ou monter des procédures. À l'inverse, il y a celui qui, en culture, est tout juste correct mais qui, en organisation, est excellent. Ce n'est pas rare non plus.

Organiser est encore autre chose. La croissance et les chiffres ont devant eux la plante, mais l'organisation a devant elle le flux des personnes et des choses, et use de la tête autrement. Seulement, bien que cela ait l'air d'un monde d'intuition, c'est en réalité quelque chose qui se mesure et se met en ordre. En écrivant le travail d'une journée, sur mon propre terrain ce qui mangeait le temps, c'était tout ce qui entoure la récolte. Qui entre dans quoi et quand, la hauteur de la table, où poser le récolté : cela, on peut le voir et le mesurer. Au lieu de trancher par « cette personne organise bien », on peut regarder où les gens attendent, où la posture est forcée, et remonter la disposition. C'est une couche distincte de la croissance et des chiffres : la couche qui se mesure et se met en ordre.

Avec cela, les trois sont réunies. La couche qui lit les plantules, celle qui surveille les chiffres et celle qui met en ordre les personnes et le travail. La gestion des opérations sur le terrain tourne avec ces trois superposées.

Qu'apprendre en premier : la couche qu'on peut remettre d'avance et celle qui se construit sur le terrain

Quand les trois couches commencent à se voir, « au fond, qu'apprendre en premier » devient soudain concret. On n'acquiert pas les trois d'un coup, parce que l'entrée de chaque couche est différente.

Quant à l'ordre, la première chose est de se mettre le mécanisme en tête. Dans les trois couches, l'entrée mêle « la partie qu'on peut remettre d'avance comme connaissance » et « la partie qui ne se construit que sur son propre terrain ». Dans la couche de la croissance, comment la lumière et les nutriments sont absorbés et comment se forment les feuilles, ce fil se lit et s'apprend. Dans la couche des chiffres aussi : ce que représentent la CE et le pH, et quoi soupçonner quand ils bougent d'une certaine manière, cette façon de lire elle-même se remet d'avance. Dans la couche de l'organisation, l'idée d'écrire le travail et de le mesurer s'enseigne aussi. Jusqu'ici, c'est la partie qu'on peut remettre avant de mettre le pied sur le terrain.

La limite entre ce qu'on peut remettre et ce qu'il faut construire est assez nette. Par exemple, on peut expliquer le mécanisme selon lequel renforcer la lumière augmente le rendement. Mais où il vaut mieux s'arrêter dépend de son propre coût électrique et du prix unitaire, et cela ne se remet pas comme un chiffre. La valeur optimale de CE bouge aussi si la culture ou le système changent, alors on ne peut pas utiliser telle quelle la valeur d'un autre. Voilà pourquoi « le mécanisme et la façon de lire » se remettent d'avance comme connaissance, et « avec quelle valeur l'ajuster à ses propres conditions » se laisse construire en le confrontant au rendement commercialisable de son propre terrain. Le penser en divisant selon cette ligne fonctionne bien.

Ensuite, quelle couche c'est à toi de développer. Cela ne se décide pas par ce en quoi tu es bon ou mauvais. On le déduit en remontant de là où tu es réellement bloqué sur le terrain en ce moment : sur quelle couche reposent les retards et les reprises de travail. Si tu vois déjà et la plante et les chiffres, ce qui bloque est d'ordinaire la partie de l'organisation, et c'est là

qu'apparaît la couche qu'il te revient maintenant de développer. Prends la reprise de travail la plus visible, regarde de quelle entrée de couche elle est la plus proche, et choisis à partir de là. Cela suffit.

Et être excellent en une seule chose ne fait pas tourner le terrain. Justement parce que les trois couches s'acquièrent séparément, sur le terrain elles ne donnent de résultat que lorsqu'elles s'emboîtent. Même si tu lis la croissance à la perfection, tu ne pourras pas protéger le rendement commercialisable si la personne qui surveille les chiffres et l'organisation ne sont pas en place. Optimiser une seule couche ne garantit pas que l'ensemble soit optimal : cela apparaît sous la même forme dans une ferme de n'importe quelle taille.

Comment parcourir ce chapitre

À partir d'ici, le chapitre parcourt ces trois couches dans l'ordre. La planification de la production décide l'organisation de l'ensemble ; le semis, la production de plants, le repiquage, la plantation définitive et la récolte suivent le processus d'élever la plantule. Le travail post-récolte livre la qualité comme produit ; la gestion et la formation du personnel, et la maîtrise sanitaire, mettent en ordre le socle des personnes et du terrain. Enfin, l'analyse des données relie au jugement les enregistrements accumulés jusque-là.

Pas besoin d'essayer de tout se mettre en tête d'un coup. Garde à l'esprit les trois couches, lis à partir de la couche où tu es bloqué maintenant, la couche qui te revient, et essaie-la une fois sur le terrain demain. Cette manière d'avancer est, au fond, celle qui te reste le mieux.

À noter que ce qui est traité ici ne va que jusqu'à « le mécanisme et la façon de lire ». Les jugements directement liés au bénéfice — à quelle valeur mettre l'optimum, comment le mettre en balance avec le coût, comment vendre — dépassent le cadre de ce livre. Si tu sens l'entrée de ces questions, entre dans le livre compagnon, « 172 Astuces pour Améliorer la Rentabilité des Fermes Verticales ».

Élaboration de la planification de la production

品目	フリル	フリル	フリル	フリル
パネル穴数	300 穴	300 穴	120 穴	40 穴
栽培工程	暗所発芽	育苗	生育1	生育2
日数	1 日	12 日	7 日	7 日
作業	播種	苗取出し	苗移動	苗取出し
	移植1	苗取出し	移植2	苗取出し
12/01	水	3600		
12/02	木	3600	3600	3600
12/03	金	3600	3600	3600
12/04	土	3600	3600	3600
12/05	日	3600	3600	3600
12/06	月	3600	3600	3600
12/07	火	3600	3600	3600
12/08	水	3600	3600	3600
12/09	木	3600	3600	3600
12/10	金	3600	3600	3600
12/11	土	3600	3600	3600
12/12	日	3600	3600	3600
12/13	月	3600	3600	3600

Des trois couches, nous commençons par décider l'organisation de l'ensemble : « quoi faire, quand et combien ». À partir d'ici, nous regardons, une à une, les tâches de gestion d'une ferme verticale. La première est la planification de la production.

Pourquoi une planification de la production est nécessaire

La méthode de l'agriculture conventionnelle, qui bouge au rythme des saisons et du temps qu'il fait, ne marche pas dans une ferme verticale. En échange de pouvoir créer soi-même l'environnement, il faut décider d'avance quoi faire, quand et combien.

Si tu tournes sans plan, tu trébuches d'ordinaire de trois façons. L'offre et la demande se décalent et ce que tu as fait reste invendu. Les coûts d'électricité, d'eau, de main-d'œuvre et de matériaux sortent d'abord et il ne reste pas de bénéfice (les coûts de matériaux et de main-d'œuvre se préparent avant de planter, alors sans prévision les dépenses imprévues gonflent). La gestion de l'environnement et du travail devient de l'improvisation et le fini sort inégal. Toutes auraient été évitées en les décidant d'avance.

Monter depuis l'expédition, à rebours

J'ai longtemps été dédié à la production et au démarrage de légumes-feuilles comme la laitue dans une ferme verticale à lumière artificielle (PFAL), et l'ordre dans lequel je pense le plan est un seul : partir de l'expédition et remonter de là la culture. Si tu penses « monter en utilisant à fond la capacité de l'équipement, et que l'expédition s'y ajuste », pour commencer ça ne tourne pas. Si tu prends la capacité comme base, apparaissent en alternance des semaines où tu peux le faire mais pas le vendre, et des semaines où tu veux vendre mais où ça ne suffit pas.

Le flux à rebours est ainsi.

1. **Prévision de la demande** : lire quand, combien et à quel prix il est probable que ça se vende. 2. **Établissement de la planification de la production** : depuis ce volume d'expédition, déduire à rebours la quantité à planter et le calendrier de culture. 3. **Gestion de l'avancement et révision** : pendant que ça tourne, regarder les écarts et les corriger fréquemment.

Étape 1. Prévision de la demande

D'abord, saisir où, combien et à quel prix on va vendre. Si c'est supermarché, restaurant ou particulier ; à combien ça se vend par ce débouché ; comment la demande bouge selon la saison ; ce que font les concurrents qui produisent la même culture. On lit en prenant pour référence les données de ventes passées et le mouvement du marché, mais personne ne peut savoir la réponse à « fais ceci et ça se vendra à coup sûr ». Prends-le simplement comme le travail de poser une hypothèse.

Étape 2. Établissement de la planification de la production

Faire descendre la demande lue en un plan concret. Décider la culture par trois points — besoin du marché, durée de culture et rentabilité — et poser un objectif de production sans forcer à partir de la taille des installations, de la capacité de l'équipement, de la main-d'œuvre et des débouchés. Puis ajuster le moment de récolte à la demande du marché, déduire à rebours la durée de culture et fixer la date de semis. Enfin, estimer semences et plants, engrais, matériaux, personnel, électricité et eau. En remontant depuis le côté de l'expédition, cet ordre sort de lui-même.

Étape 3. Gestion de l'avancement et révision

Un plan ne se termine pas une fois élaboré. C'est quelque chose qui se corrige pendant que ça tourne. Observer et enregistrer la croissance régulièrement, vérifier si ça se vend comme prévu et si le stock est adéquat, et lorsqu'un écart apparaît, chercher la cause et, si besoin, corriger le calendrier ou le volume de production.

Que ça se décale n'est pas une affaire de précision

Il y a ici une manière de voir que j'aimerais que tu gardes dès novice. Quand ça ne tourne pas selon le calendrier, beaucoup pensent « le plan était bâclé », « j'aurais dû le monter plus en

détail ». Mais on a beau y mettre du détail, parfois l'écart ne disparaît pas. C'est parce que, dans un même plan, **sont mêlées des choses de vitesse différente**.

L'expédition, tirée par la demande, oscille finement, à la semaine. La culture est le cycle d'un être vivant, donc bien plus lente. Pour la laitue de feuille, environ 35 jours du semis à la récolte. Même si aujourd'hui tu augmentes la plantation définitive, ces plants montent sur l'étagère un cycle plus tard. Et l'affluence de main-d'œuvre bouge sur un pic différent des deux. Si tu essaies de mettre les trois sur la même graduation d'un unique calendrier, t'ajuster à la vague rapide ballote la culture, et t'ajuster au cycle lent te fait manquer des expéditions. Alors l'écart n'est pas un problème de précision, mais un problème structurel de synchroniser de force des choses qui devraient tourner séparément ; c'est ainsi que je le vois.

Alors, qu'est-ce que tourner séparément ? C'est placer délibérément des **amortisseurs (coussins)** entre les trois. Le coussin du côté de l'expédition, c'est la largeur de la fenêtre de récolte pendant laquelle tu peux attendre sur l'étagère, et l'oscillation haut-bas du calibre que tu peux expédier. Le coussin du côté de la culture, c'est l'échelonnement du semis et de la plantation définitive. Le coussin du côté de la main-d'œuvre, c'est la marge. Les légumes-feuilles frais durent peu et se tiennent difficilement en stock plusieurs jours, alors le côté de l'expédition tient son coussin par « de combien tu peux osciller vers l'avant et l'arrière la fenêtre de récolte » plutôt que par « épaissir le stock ».

Et ce qu'on regarde, ce n'est pas le calendrier lui-même, mais **combien il reste maintenant de ce coussin**. La vague de l'expédition se reçoit par la fenêtre de récolte, et quand cette marge est près de s'épuiser, on met la main à l'échelonnement de la culture. Seulement, la culture seule n'arrive pas à temps si tu attends que l'amortisseur s'épuise. Même si tu augmentes le semis après que la marge pour recevoir des expéditions s'est asséchée, ces plants montent environ 35 jours plus tard. Voilà pourquoi, seul l'ajustement de la culture bouge **par anticipation**, en prévoyant le délai jusqu'à la récolte.

C'est à l'axe le plus difficile à bouger qu'on peut ajouter le plus de coussin

Ce qui est intéressant, c'est que la culture, la plus difficile à bouger des trois, est justement l'endroit où l'on peut ajouter du coussin. Le cycle même selon lequel un plant pousse ne se change pas. Mais « quand semer » et « en combien de fois répartir le semis » se changent. Si tu sèmes beaucoup d'un coup, la récolte se concentre aussi en un point et il n'y a pas moyen de l'ajuster à la vague de l'expédition. Mais si tu décales le moment et sèmes peu à peu, sur

l'étagère s'alignent en escalier des « plants sur le point d'entrer dans la fenêtre de récolte » et des « plants qui montent bientôt ». La semaine où l'expédition monte, plus tôt ; la semaine où tu veux serrer, un peu plus tard. Cette largeur naît. Ce qui est dur, c'est le cycle de chaque plant individuel ; ce qui est souple, c'est comment tu les disperses sur l'axe du temps. En décalant et superposant des unités qu'on ne peut pas bouger, dans l'ensemble ça devient un coussin.

Le rythme de la révision se change selon la vitesse de la vague

La fréquence à laquelle on regarde peut aussi se changer selon l'axe. La fenêtre de récolte qui reçoit les expéditions reçoit la vague rapide, alors chaque jour ou tous les quelques jours on jette un œil à « combien de plants oscillables il y a maintenant sur l'étagère ». Le côté de la culture ne renvoie pas de réponse même si tu le mesures chaque semaine, alors une fois toutes les quelques semaines on inspecte le réglage même de « cet échelonnement du semis actuel est-il bon ? ». Si tu égalises les intervalles, du côté rapide quelque chose t'échappe et le lent, tu l'oscilles en vain.

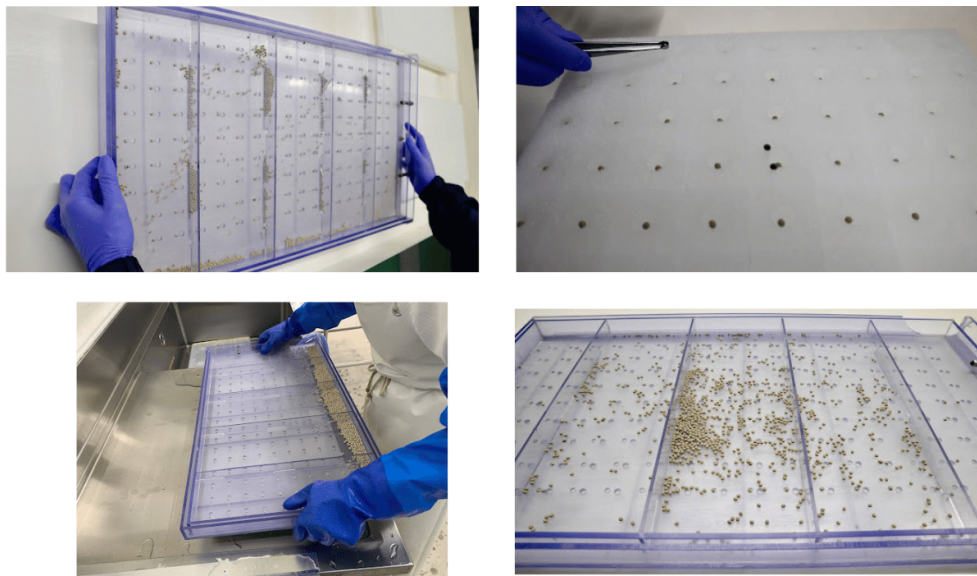
Et de quel coussin ça diminue désigne directement où se trouve la cause. Si la fenêtre de récolte s'amincit toujours, l'échelonnement du semis ne suit pas le rythme de la vague de l'expédition. Si la marge des gens est toujours à l'étroit, l'estimation du personnel n'absorbe pas le pic de la récolte. Au lieu de mettre les écarts dans un même sac comme « laxisme du plan », tu peux les séparer selon quel axe a commencé à se rompre. C'est là le plus grand profit pratique de le regarder divisé en trois. Même le premier écart, on peut le regarder avec calme, non comme un échec, mais comme le signal que trois horloges se sont mises à tourner.

À noter que monter cela de zéro chaque fois est une corvée. J'ai publié le modèle de calendrier de culture que j'utilisais sur le terrain, alors sers-t'en comme prise pour saisir comment se montent les formules. Le nombre de plants, la rotation et le rendement commercialisable diffèrent selon la ferme, alors la prémisse est de ne pas l'utiliser tel quel mais de le refaire à la mesure de ton propre environnement.

À partir d'ici, les jugements directement liés au compte d'exploitation — « alors, tous les combien de jours concrètement semer », « comment décider la densité de plantation en fonction du volume de récolte », « comment produire en contenant le coût électrique » — sont un territoire qui s'affine avec les chiffres de ta propre ferme. Je laisse l'entrée de la façon de

penser jusqu'ici et je cède le jugement plus approfondi à « 172 Astuces ». La planification de la production est la partie qui sert d'axe à l'exploitation d'une ferme verticale.

Semis



Quand le plan fixe la date de semis, tu entres enfin dans le processus d'élever la plantule. À partir d'ici, nous regardons, dans l'ordre, le travail de terrain d'élever réellement les légumes. Le premier est le semis, c'est-à-dire le processus de semer la graine.

Le semis est le premier pas de la gestion de la culture. Une ferme verticale n'utilise pas de terre. On sème dans un substrat — un matériau qui soutient les racines à la place de la terre et fournit eau et nutriments. Le flux lui-même est simple. On place le substrat dans des plateaux dédiés et on l'imbibe bien d'eau, et on pose les graines avec des pincettes de précision ou un semoir. Après avoir semé, pour éviter le dessèchement et l'entraînement des graines on maintient l'humidité avec un couvercle ou une couverture, on pulvérise doucement de l'eau avec un brumisateuse et on attend la germination en gérant température, humidité et lumière. La densité de semis varie selon la culture.

Novice, ici on t'apprend sans doute à faire attention au « taux de germination ». Quelle proportion a germé. Si ça sort proche de 90 %, tu te satisfais une fois : « cette fournée va bien ». Cela en soi n'est pas faux. Seulement, quand je repasse sur mon terrain les fournées au rendement commercialisable médiocre, plus que le faible taux de germination, ce qui me revenait à l'esprit, c'était « cette fois-là, elles n'étaient pas homogènes ». Le renversement de perspective que j'aimerais que tu apprennes ici est celui-ci : **ce qu'il faut vraiment regarder**

au semis n'est pas tant « quel pourcentage a germé » que « avec quelle homogénéité elles se sont levées ».

Le chiffre du taux de germination ne reflète pas l'« homogénéité »

Le taux de germination ne compte que si la graine a germé ou non. C'est un chiffre qui totalise l'alternative germé-pas germé, et il n'y entre pas l'information temporelle de « quand ça a germé ». Voilà pourquoi un plateau qui s'est levé tout d'un coup, homogène, et un plateau qui est sorti au compte-gouttes pendant trois jours, si tous deux atteignent 90 % à la fin, s'alignent comme le même 90 %.

Mais ces deux-là sont totalement différents ensuite. Si le taux de germination est la « hauteur », l'homogénéité est la « largeur » : la dispersion des moments où chaque graine a germé. À la même hauteur, que la largeur soit étroite ou large change la facilité de manipulation des processus suivants. Un plateau qui n'est pas sorti homogène, avec des décalages temporels, devient difficile à manier dès les alentours du repiquage. Si tu t'ajustes aux grandes plantules, les petites restent en arrière ; si tu attends les petites, toute la fournée s'étire.

Voici l'important. Le semis et la germination ont l'air d'un processus qui se boucle en quelques jours, mais l'homogénéité des plantules que tu y formes traîne sa queue — en passant par le repiquage et la croissance — jusqu'au rendement commercialisable de plusieurs semaines plus tard. La germination n'est pas le but, c'est l'entrée d'un long processus qui continue jusqu'à la récolte. Alors regarder l'homogénéité, plus qu'ajouter un indicateur, c'est reculer le moment de juger si le semis était bon ou mauvais : de juste après la germination au rendement commercialisable du processus suivant.

L'homogénéité se décide à l'« entrée »

Alors, une homogénéité dispersée peut-elle se rattraper au processus suivant ? Ici on peut tracer une ligne claire. **On ne peut pas.**

Parce que l'homogénéité n'est pas une « différence » de taille, mais une « différence de temps ». Une plantule dont la germination a pris un demi-jour de retard n'est pas simplement petite : dans le développement, elle est un demi-jour en arrière. Elle est plus jeune que celles qui ont pris de l'avance. Même si tu lui ajoutes ensuite engrais ou lumière, l'ensemble n'avance que d'autant, et entre le meneur et le dernier de la file l'écart reste ouvert tout en avançant. Un

décalage temporel une fois marqué ne se rembobine pas, temps compris, dans un processus suivant.

Il y a des moyens de l'« absorber » avec le tri ou la largeur de récolte : éclaircir les individus en retard pour les aligner sur les meneurs, trier par image, prendre large la fenêtre de récolte ; ce sont des processus standard du terrain, pas une tromperie. Seulement, le point commun est qu'ils n'effacent pas le décalage temporel lui-même. Si tu éclaircis, ces plantules finissent jetées ; si tu élargis la largeur de récolte, la rotation de l'étagère prend du jeu. Autrement dit, une fournée qui a l'air ré-homogénéisée paie d'ordinaire un coût — en rendement commercialisable ou en peine — pour absorber le décalage temporel ; la dispersion n'a pas disparu dans le néant.

Voilà pourquoi l'homogénéité n'est pas « je le réglerai plus tard » mais « l'absorber plus tard coûte de l'argent ». Ce coût n'apparaît pas sur le bon comme « frais de défaut d'homogénéité ». La peine d'éclaircir les plantules en retard, le regarnissage pour combler ce qui manque, les heures de tri avant le repiquage : plus l'homogénéité d'une fournée est mauvaise, plus ces coûts invisibles s'accumulent peu à peu. L'homogénéité, on va la fabriquer à l'entrée. C'est la façon la plus sûre de réduire d'avance le coût invisible qu'on paie plus tard.

Enregistrer l'homogénéité comme la « largeur du démarrage »

La largeur se saisit suffisamment avec deux notes. Regarde le plateau une seule fois par jour, à une heure fixe, et note deux points : « le jour où est sortie la première pousse » et « le jour où elles sont sorties à peu près toutes ». La différence entre les deux est la largeur qu'a coûté le démarrage. Plutôt que de monter la précision de l'observation, regarder chaque fois à la même heure et égaliser les conditions fonctionne bien mieux, parce que cela permet de comparer les fournées semées avec la même mesure.

Il y a une astuce. « Le jour où elles sont sorties à peu près toutes », il vaut mieux le prendre comme « le jour où environ 80 % sont sorties », pas 90 %. Les derniers 10 % sont tirés par les graines qui arrivent tard ou qui finalement ne sortent pas, et la date se brouille facilement. Et ce 80 % n'est pas un chiffre seulement pour l'enregistrement. La couverture de rétention d'humidité (le dôme) que tu as posée juste après le semis se retire quand environ 80 % ont germé. Si tu tardes à la retirer, la lumière n'arrive pas et les plantules s'étiolent, fines et longues, et avec l'excès d'humidité les maladies sortent aussi plus facilement. Le signal de

travail « retirer la couverture à 80 % » et le signal d'observation « enregistrer à 80 % le jour où elles sont toutes sorties » se recouvrent au même point. Si tu notes la date au passage en retirant la couverture, l'opération et l'enregistrement se font d'un seul trait.

Le jour de la première pousse et le jour des 80 %. Rien qu'en alignant par fournée la différence entre ces deux points, les fournées qui sortent homogènes et celles qui se dispersent commencent à se séparer assez clairement. L'observation détaillée, il suffit de la faire une fois qu'apparaît une fournée qui t'inquiète.

Pour la cause de la dispersion, soupçonne d'abord la température

Parmi les causes que le démarrage se disperse, le plus facile à aborder sur le terrain est l'inégalité de l'environnement. La variation individuelle des graines elles-mêmes existe certes, et cela fixe le « plancher » de l'homogénéité. On a beau égaliser les conditions, on n'obtiendra pas plus d'homogénéité que la dispersion des graines. Seulement, d'après ce que j'ai vu dans la production de plants en ferme verticale, les fournées qui se dispersent le plus souvent n'avaient pas serré l'environnement jusqu'à ce plancher. La température et l'humidité après le semis ne sont pas égalisées entre le bord et le centre du plateau, ni entre le niveau du haut et celui du bas de l'étagère. Dans le même plateau, une graine est dans la condition où s'allume l'interrupteur de germination et une autre pas encore. Cela sort transformé en décalage temporel.

Voilà pourquoi, quant à l'ordre, essaie d'abord d'écraser l'inégalité de l'environnement. Pour te faire une idée à portée de main, d'abord la température. La température optimale de germination diffère selon la culture, et d'après la sensation des légumes-feuilles que j'ai élevés, il y avait cette différence que le mizuna et le komatsuna démarrent plus homogènes dans une bande un peu plus haute que la laitue. Plutôt que de mémoriser des chiffres fins, sur une fournée dont la germination est lente il vaut la peine de soupçonner d'abord si l'on est sorti de la bande optimale de la culture qu'on utilise. L'inégalité d'humidité influe aussi sur l'homogénéité, mais température et humidité s'enchaînent facilement — les endroits chauds sèchent plus vite —, alors si tu regardes d'abord l'inégalité de température, tu prends aussi la mesure approximative de l'humidité. L'humidité de la période d'absorption influe particulièrement, alors au début imbibe-la bien et baisse-la un peu une fois la germination confirmée. Si cette montée et cette descente sortent inégales selon les endroits, cela

s'enchaîne aussi à la différence de démarrage.

Quant à l'endroit à regarder, pas besoin de tout mesurer. Il suffit des deux points où il est le plus probable qu'une différence apparaisse. Sur une étagère, le niveau du haut et celui du bas ; sur un seul plateau, le bord et le centre. Ce sont des endroits où, structurellement, une différence apparaît facilement. Pose un thermomètre à chacun et confronte-le à la largeur du démarrage. Si les fournées qui tendent à retarder se concentrent à un niveau fixe, à une position fixe, c'est là l'identité de l'inégalité. Le reste, c'est monter la température du niveau qui retarde, échanger l'emplacement et, pour l'inégalité qu'on n'arrive quand même pas à niveler, brasser l'air avec un ventilateur de circulation, et répéter les fournées avec la même mesure.

Le menu des contre-mesures lui-même — écraser l'inégalité de température et revoir le lot de graines — ne diffère pas de d'habitude. Ce qui diffère, c'est le moment. Jusqu'ici, se rendre compte de l'inégalité de température, c'était d'ordinaire après que les plantules se sont dispersées et t'ont donné du fil à retordre au repiquage : à contretemps. Si tu regardes la largeur du démarrage à l'entrée, tu peux jouer la même carte par anticipation, avant que les plantules aient poussé. C'est là le profit d'avoir le seul point de vue de l'homogénéité.

La dispersion qui reste même en la serrant est affaire de lot de graines

Même en écrasant complètement l'inégalité de température, il reste une dispersion. C'est le plancher de la capacité propre de la graine, un mur qu'on ne franchit pas par la façon de semer. Si même en serrant jusque-là les fournées continuent de se disperser, ce n'est plus un problème de façon de semer, mais cela passe à quelque chose qui se regarde du côté du lot de graines et de l'approvisionnement. Il vaut mieux avoir tracé la ligne entre les contre-mesures de terrain et ce qui se regarde à l'achat et à la sélection de lot.

Pour cela aussi, garde le stockage sur la base de basse température, basse humidité et ombre, applique à fond le premier-entré-premier-sorti en utilisant d'abord le vieux stock, et note le numéro de lot. Les graines peuvent perdre de la vigueur sans que ça se voie de l'extérieur, et cela sort plus tard en mauvaise germination. Quand l'homogénéité se disperse, pour séparer si c'était la façon de semer ou le lot, s'il ne reste pas d'enregistrement de quel lot a été utilisé et quand, l'affaire ne commence même pas.

Jusqu'ici, c'est la perspective que j'aimerais que tu acquières au semis. Jusqu'où affiner les conditions optimales de germination et la sélection de graines pour le convertir en bénéfice :

ce calcul est un territoire qui se résout terrain par terrain, alors dans ce livre je m'en tiens à l'entrée. Le jugement approfondi, je le cède à « 172 Astuces ».

Production de plants



Quand le semis se termine et que les pousses sortent, tu entres dans la période d'élever ces pousses jusqu'à des plantules qui tiennent au repiquage. C'est la « production de plants ». En tant que processus, c'est l'étape discrète encadrée entre le semis et le repiquage, mais sa qualité décide pratiquement des résultats de croissance ultérieurs. Novice, la récolte et le repiquage ont l'air plus voyants, mais d'après la sensation de longtemps sur le terrain, une parcelle qui a trébuché au stade de la plantule souvent ne se rattrape pas jusqu'à la fin. Selon la ferme, on dispose une salle ou des étagères de production de plants dédiées, et seulement ici on peaufine l'environnement.

Pourquoi tant d'acharnement sur les plantules ? La raison est simple : une plantule robuste rend tout le reste plus facile. Une plantule aux racines bien étendues s'acclimate bien à l'environnement de destination du repiquage et reprend vite. La croissance avance aussi sans peine, alors la période jusqu'à la récolte se raccourcit. Une plantule en bon état nutritionnel est aussi forte face aux maladies. À l'inverse, si tu envoies telle quelle une plantule fine et faible, elle se disperse après le repiquage, des maladies sortent facilement et au bout du compte cela se répercute sur le rendement. Pense à la production de plants comme à un investissement pour relever par le bas le rendement final.

Ce qu'il faut le plus soigner en élevant les plantules, c'est de ne pas les laisser s'étioler. L'étiollement, c'est que seule la tige s'allonge fine et longue et se ramollit. La cause est en

grande partie dans le manque de lumière et une température trop haute. Après la germination, à la phase où les cotylédons s'ouvrent et commencent la photosynthèse, si tu tardes à donner l'éclairage elles s'étiolent d'un coup. Si tu as une opération où pendant la germination tu ne donnes pas de lumière, dès que les cotylédons s'ouvrent commence l'éclairage avant qu'il soit trop tard. Le moment ici est un point à affiner sur le terrain.

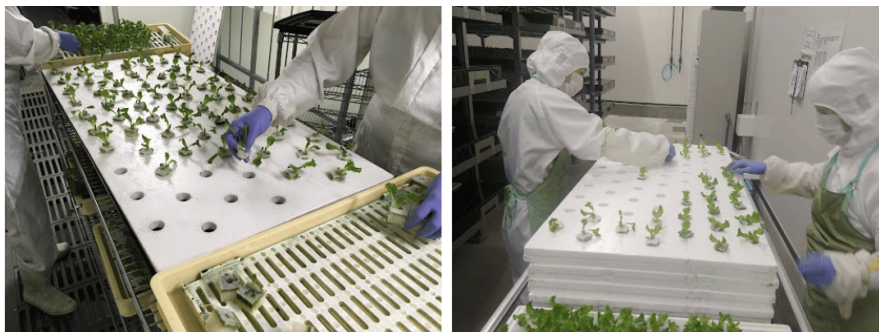
Les points de l'environnement à contrôler sont continus avec ceux du semis : les quatre de température, humidité, lumière et solution nutritive.

- **Température** : on l'ajuste à la culture et à la phase de croissance. Pour la laitue, il est courant de gérer la température de l'air de la salle de plants (pas celle de l'eau) autour de 25 °C le jour (comme on veut contenir l'étiollement, la nuit on baisse un peu pour serrer). Les petites plantules sont faibles face à la basse température, alors ne pas trop la baisser.
- **Humidité** : si elle est trop haute, des maladies sortent facilement. Une humidité relative d'environ 60–70 % est le repère.
- **Lumière** : ce qui fonctionne pour éviter l'étiollement, c'est la lumière. Bien que beaucoup de variétés n'aient pas besoin de lumière pour la germination elle-même, une fois les cotylédons ouverts il faut assurer un niveau de lumière adéquat. Si le début de l'éclairage tarde, rien qu'avec ça sortent des plantules faibles.
- **Solution nutritive** : tant que la plantule est petite, la base est de garder basse la concentration de la solution nutritive (CE) et de la monter au fil de la croissance. Cela dit, d'après mon expérience, si la gestion est difficile, opérer avec une CE fixée basse et constante ne pose pas de problème en pratique (ça ne veut pas dire la garder constante à la même CE haute que dans la zone de culture principale, mais la garder constante à une valeur de bas à moyen).

Ce qu'on vise en élevant les plantules, ce ne sont pas simplement de grandes plantules, mais des plantules homogènes. Si la croissance se disperse dans le même plateau, on ne peut pas ajuster le moment du repiquage et la gestion ultérieure reste pénible tout du long. L'arrosage inégal, la lumière ou la température inégales selon la position sur l'étagère, la dispersion de la densité de semis : les causes du défaut d'homogénéité sont à peu près par là. En sortant un plateau, réussir à créer chaque fois un état où la hauteur des plantules et le déploiement des feuilles paraissent homogènes. C'est là que se montre le savoir-faire de la production de plants.

Quand les plantules poussent et commencent à se recouvrir avec les feuilles voisines, c'est le signal du processus suivant, le repiquage.

Repiquage et plantation définitive



Les plantules qui ont fini la production se déplacent vers un espace plus large. Si tu laisses telles quelles des plantules dont les feuilles ont commencé à se recouvrir avec les voisines, la lumière n'arrive pas bien, les racines sont à l'étroit et n'absorbent pas assez de nutriments. En les déplaçant vers un espace large, la lumière reçue par plant revient et la croissance s'accélère de nouveau. En répétant ce déplacement par étapes, planter à la fin avec l'intervalle qui les mène jusqu'à la récolte, c'est la plantation définitive.

L'écartement de plantation ne se décide pas par « la commodité de planter » mais depuis « l'expédition »

À la plantation définitive, « combien de plants mettre par m² », ne le décides-tu pas par la commodité du travail du moment — si ça plante vite, si des pertes sortent ? Combien de plateaux gère une personne, combien on en laisse tomber à la reprise. Cette mesure en soi est importante. Seulement, la seule densité des plants, si tu la décides avec cette sensation de vitesse, la facilité de récolte et le poids vendable par étagère se rognent par derrière.

À la plantation c'est agréable de pouvoir les mettre vite et serrées, mais la main de la récolte ralentit ensuite. L'étagère serrée a l'air à l'œil bien pleine et prometteuse en rendement, mais chaque plant monte petit et, en pesant, « les plants qui atteignent la taille visée » sortent moins que tu ne pensais. L'intervalle de plantation influe non seulement sur la commodité du travail du moment, mais sur le poids vendable que tu pèses finalement.

Pourquoi en est-il ainsi ? La quantité de lumière qui tombe sur l'étagère n'augmente pas même si tu montes la densité. Au bout du compte, cette lumière fixe ne fait que se partager

entre le nombre de plants. Alors en augmentant les plants, la part de chacun diminue et il monte petit. Ici il est facile de se tromper : le total de récolte par unité de surface — le poids brut — continue plutôt de monter, jusqu'à une certaine densité, à mesure que tu augmentes le nombre de plants. Ce qui plafonne, ce n'est pas le total, mais « le poids qui atteint la taille de fini visée et se peut expédier comme calibre = le poids vendable ». Que ça ait l'air bien plein alors que le poids utilisable ne croît pas est d'ordinaire la preuve qu'augmentent les petits plants tombés sous calibre.

À l'inverse, si tu prends trop large l'écartement de plantation, tu n'exploites pas l'espace de culture limité et le volume de récolte par unité de surface baisse. Une ferme verticale est un système qui empile les lits de culture à la verticale pour élever l'efficacité productive, alors on veut utiliser l'espace à fond. Mais si tu serres trop, la croissance en pâtit. Concilier les deux est la clé de la plantation définitive.

Voilà pourquoi inverse l'ordre. D'abord pose devant la taille de fini visée par plant et l'espace par où la main de la récolte entre à l'aise. Déduis l'intervalle à rebours de là, et la vitesse de plantation se concilie en dernier. « Non le plafond du côté de qui plante, mais tiré depuis le côté de qui récolte et depuis le poids vendable par étagère » : en le pensant dans cet ordre, la densité change pas mal dans sa façon d'apparaître.

À noter que ce « serrer de trop est une perte » suppose des légumes-feuilles pommés ou de grosse touffe qui s'expédient par la taille de fini d'un seul plant. Pour les produits qui se vendent au nombre ou au volume total, comme le baby leaf, la perte qu'un plant tombe sous calibre sort moins facilement, alors la densité juste penche vers le côté plus serré. C'est seulement que le point d'équilibre diffère selon le produit.

Regarde-le non par le nombre, mais par « le cercle qu'un plant déploie »

Cela dit, la main du terrain tend à se laisser entraîner par « en serrant un peu plus je gagne du nombre ». Ce n'est pas par avidité. Combien de plants tu as plantés se compte sur-le-champ, mais les secondes de récolte et le poids qui a atteint le calibre ne sortent que bien plus tard. Tu te laisses seulement mener par le chiffre que tu as devant toi.

Alors ce qu'il convient d'avoir sous la main, ce n'est pas le nombre, mais l'image du « cercle qu'un plant déploie ». En plantant, dessine dans ta tête, plant par plant, le cercle du déploiement des feuilles à la taille visée, et regarde seulement de combien ce cercle se

recouvre avec celui d'à côté. Quand les cercles se heurtent et commencent à se mordre, c'est que tu empruntes d'avance sur les deux : « se disputer la lumière et tomber sous calibre » et « que la main de la récolte n'entre pas ». Si tu veux laisser quelque chose de plus comme repère physique, dessine sur le panneau de plantation définitive un cercle du même diamètre que le déploiement des feuilles de la taille visée. Chaque fois que tu plantes, compare ce cercle à l'écartement de plantation que tu as devant toi, et fais-en un repère qui dit d'un coup d'œil : si c'est plus serré que le cercle, tu empruntes sur l'avenir. Même si le pas des trous est fixe et ne se bouge pas sur le moment, cela sert de référence au moment de décider quel panneau utiliser la prochaine fois.

Le dénivelé, le rendement commercialisable et l'automatisation sont une autre histoire. Un accroc courant, je le signale au passage. « Même en plantant au même intervalle, au niveau du haut et à celui du bas ça monte un peu différemment. » Le coupable de cette différence n'est d'ordinaire pas la lumière. L'étagère en ferme verticale se conçoit en général sous la prémisses qu'à chaque niveau on monte les mêmes panneaux à la même hauteur et que la lumière est homogène quel que soit le niveau. Ce qui reste et fait effet, c'est l'inégalité de température et de flux d'air — la chaleur tend à s'accumuler aux niveaux du haut, et la façon dont circulent le vent et le CO₂ n'est pas homogène selon le niveau et la position. Alors si un niveau monte toujours petit, essayer de le faire rattraper en touchant à la densité niveau par niveau tend à compliquer la gestion de la plantation définitive et des panneaux, tandis que la cause cruciale reste sans qu'on y touche. Cela se règle non avec l'écartement de plantation, mais avec le HVAC, la ventilation forcée et l'équipement.

Autre chose : en les serrant et que les feuilles s'entrelacent, l'air qui favorise la transpiration arrive plus mal à l'intérieur du plant, et selon la variété la pointe des feuilles internes se dessèche : une apparition de type tip burn augmente. Les variétés dont les feuilles se dressent et laissent des espaces dans l'écartement de plantation tiennent même serrées un peu, mais les variétés dont les feuilles se couchent et s'enroulent se ferment facilement par le centre et sont faibles au serrage. Alors « plus une variété perd facilement sa forme, plus tu vois le cercle grand et arrêtes avant qu'ils se recouvrent ». Le jugement de serrer la densité et le choix de variété sont des choses qu'on regarde reliées.

Quand le coût de main-d'œuvre commence à peser, la conversation tend à aller vers « autant automatiser le repiquage », mais ici il est plus sûr de le regarder en baissant d'un cran les attentes. Ce en quoi la machine est rapide, c'est « la vitesse de planter », et la surface de réception de la lumière et l'espace de récolte qui décidaient le rendement — la qualité de la disposition — ne s'améliorent pas d'eux-mêmes en plantant vite.

Affiner l'écartement de plantation optimal, le jugement d'investissement en équipement pour combler le dénivelé, si le repiquage automatisé est rentable : cette zone est un territoire qu'on ne peut juger qu'après avoir mesuré pour de bon avec la mesure du poids d'expédition par étagère. La procédure pour mesurer ensemble les trois sorties (le poids qui atteint le calibre, les secondes de récolte, le rendement commercialisable), le classement par variété et l'évaluation réaliste de l'automatisation sont traités en détail dans « 172 Astuces ». Comme novice du terrain, ramène d'abord à la maison l'habitude d'un instant de comparer le cercle du panneau à l'écartement de plantation que tu as devant toi chaque fois que tu plantes ; cela suffit.

Récolte et parage



Quand les plants de la plantation définitive finissent de pousser, arrive le dernier processus de la culture : la récolte et le parage. C'est l'instant où la graine que tu as toi-même semée est achevée en légume, mais en même temps c'est le point de départ d'un nouveau processus vers la vente.

J'ai été plus de dix ans dédié à la récolte de légumes-feuilles dans des fermes verticales à lumière artificielle (PFAL). La consultation que je reçois le plus dans ce processus est le

tiraillement de « si tu coupes vite la qualité baisse, si tu travailles avec soin le nombre ne sort pas ». Si tu montes une ligne qui coupe vite, au moment d'arriver au rayon du magasin les pointes des feuilles sont abîmées. Si tu relâches la main pour qu'elles ne s'abîment pas, cette fois le rendement de la journée n'atteint pas l'objectif. Beaucoup reconnaîtront la sensation que, quoi que tu étaies, l'autre s'effondre.

Mais cela n'a l'air d'une alternative que parce que tu as mis efficacité et qualité sur une même balance. Si tu regardes bien, la récolte a plusieurs boutons qui se tournent séparément.

Quand couper, comment te déplacer, avec quoi couper : une fois que tu les sépares, les leviers augmentent. Même si tu laisses de côté pour l'instant les grands dispositifs comme la lumière et la température, rien qu'avec ce que tu peux bouger sur le terrain dès aujourd'hui, la conversation cesse d'être un unique « vitesse ou qualité ».

Avant de tourner les boutons, nivelle le sol de l'hygiène

Avant de tourner les boutons, il y a une chose de plus à poser d'abord. Le « sol de la qualité ». Laver et sécher les ustensiles et les récipients de récolte, retirer fréquemment l'eau et les déchets de la zone de récolte : dans les légumes-feuilles hydroponiques, cela devient le socle de la qualité en amont de la coupe. Si tu emballes avec de l'eau encore dessus, cela devient l'entrée de la moisissure et de la putréfaction. C'est aussi ce sur quoi j'ai insisté sur le terrain jusqu'à en perdre la voix.

Laver, sécher et ranger ne coûtent pas d'argent, se font dès aujourd'hui et se refont. Voilà pourquoi c'est aussi le bouton qu'on peut tourner en tout premier. Si tu parles de la coupe avec ça lâche, le sol reste creux. L'idée de l'hygiène elle-même, nous la traitons ensemble plus loin dans « La rigueur de la maîtrise sanitaire », mais sur le terrain de la récolte, plutôt que « couper les microbes quelque part », l'attitude de ne pas laisser d'eau ni de résidus, de ne pas les augmenter, de ne pas les répandre, suffit.

Quand couper : la tranche horaire et le jour de coupe

D'abord, la tranche horaire dans la journée. Sur les terrains que j'ai vus, à l'arrivée de l'après-midi la fatigue sortait et ce qui était coupé se découvrait ensuite, à l'étape de mise en carton, avec la coupe grossière et les longueurs inégales. À l'inverse, du début de la journée jusqu'à midi la concentration tenait et, même main rapide, ça sortait homogène.

Cependant, quelle tranche devient grossière diffère selon le terrain et la personne. Il y a sûrement des terrains où, à la première heure du matin, la main et l'œil sont froids et la première heure est la plus grossière. Alors, plutôt que de trancher d'avance sur la tranche, regarde sur ton propre terrain quand ça devient grossier et concentre cette seule tranche horaire sur l'homogénéité. Quand tu connaîtras la tranche qui devient grossière, prends-la à part : baisse pour l'instant le bouton de la vitesse et concentre-toi seulement sur égaliser les longueurs. Quand l'état est au beau, même en montant la vitesse ça sort homogène. Dans une même récolte, on sépare la visée selon la tranche horaire.

Ce qui est intéressant, c'est que, quand la qualité de la tranche grossière se stabilise, la vitesse d'ensuite augmente plutôt aussi. Comme diminuent les reprises qu'on rattrape à l'étape de mise en carton, le processus suivant s'accélère. Plutôt que d'opposer de front vitesse et qualité, si tu décides d'avance laquelle prioriser selon la tranche horaire, il y a une tranche où les deux viennent d'elles-mêmes.

Il y a aussi, au « jour de coupe » — quel jour couper —, un cran plus lent, quelque chose qui fait effet. Tu as décalé d'un jour la date prévue de récolte et, alors que la veille des petits plants étaient mêlés, le lendemain ils étaient homogènes et couper comme mettre en carton se sont terminés avec aisance. N'as-tu pas eu cette expérience ? Seulement, si tu as décalé d'un jour par intuition, ça ne devient pas une organisation reproductible. À la base, l'homogénéité des plants se décide en bonne part par la densité de la plantation définitive et les processus antérieurs, et en remontant, par l'homogénéité de la germination, alors ce n'est pas affaire du seul côté de la coupe. Malgré tout, choisir un jour homogène pour couper est quelque chose qu'on peut faire sur le terrain de la récolte.

Comment te déplacer : l'homogénéité de la coupe change avec le trajet

L'après-midi, en te fatiguant, tu coupes avec le seul poignet, clic-clic. Pendant que tu amasses ce que tu as coupé dans la main gauche, le geste de tendre la main vers le plant suivant a quelque chose de maladroit. En revanche, le matin, quand tu es en forme, tu tournes avec le bras entier, avec le corps entier face au plant. Et pourtant c'est la même personne. Ce « comment tu te déplaces » fait effet sur l'homogénéité de la coupe.

Le clic-clic du poignet devient grossier probablement parce que le rayon de coupe est trop large et que tu tends la seule main vers des plants lointains. Alors, dans la situation de

déplacer les plants vers une table de travail ou un convoyeur pour les traiter, ajuste la hauteur de la table à ce que le coude se plie légèrement et rétrécis le rayon de tendre la main à un seul pas. Coupe seulement le rayon que tu atteins puis approche-toi avec le corps entier. Ainsi l'angle sous lequel entre la lame sort homogène chaque fois, et la coupe se disperse moins : c'est un toucher que j'ai vu bien des fois sur le terrain des légumes-feuilles en ferme verticale. Que la charge posturale baisse est quelque chose de mesuré aussi en recherche. Dans un rapport ayant fait une analyse du mouvement de la récolte de légumes-feuilles en fermes verticales, comparé au fait d'être debout ou à une table haute, s'asseoir en ajustant la table à la hauteur du coude et rétrécir le rayon de travail a réduit tant l'angle de rejeter le cou en arrière que celui de sortir les épaules en avant. Cependant, cela a mesuré la situation de s'asseoir à une table indépendante, alors cela ne s'applique pas directement à la situation de couper sur place aux niveaux hauts d'une étagère à plusieurs étages. Là où ça fait effet, c'est dans la situation de déplacer les plants vers une table ou un convoyeur pour les traiter ou les trier.

Avec quoi couper : plus que l'outil, la constance du mouvement

La question de l'outil. En coupant les légumes-feuilles, il y a qui utilise des ciseaux et qui tire doucement avec une lame de type couteau. Plutôt que de décider l'homogénéité selon que c'est ciseaux ou couteau, dans les deux cas ce qui fait plus effet, c'est « si la lame entre au même angle, à la même position ». Les ciseaux fixent facilement la position de fermeture, alors la longueur est facile à égaliser. La section sort parfois plus lisse en tirant doucement. Ce n'est pas une question de laquelle est supérieure, mais l'idée de choisir celle qui s'ajuste à ton propre trajet.

Autour de l'outil, une chose de plus, avec l'hygiène en jeu. Le couteau, les ciseaux et les récipients de récolte, dès qu'on les utilise on les lave et les sèche aussitôt. Non seulement pour maintenir le tranchant, mais comme base du terrain pour couper la saleté qu'on ne veut pas introduire dans les légumes-feuilles hydroponiques.

Parage : le processus qui met en ordre crée la valeur du produit

Quand tu finis de couper, vient le parage. Le parage est le travail de mettre en ordre le légume récolté. Ce n'est pas une simple question d'aspect, mais cela touche à la valeur du produit elle-même. Un légume de forme mise en ordre et paré avec propreté a l'air frais et

appétissant, donne une sensation de tranquillité et transmet une impression de haute qualité. Pour les légumes-feuilles, on laisse tomber quelques feuilles extérieures abîmées et la base, et on laisse les feuilles propres du centre. Les critères de nombre de feuilles, longueur, poids et forme sont parfois fixés en détail selon la ferme ou la destination de vente.

Ce qu'il convient d'avoir présent ici, c'est que le parage, s'il est fait en excès, fait effet à l'envers. C'est le travail de laisser tomber les feuilles extérieures abîmées et la base, mais si tu retires de trop, le poids vendable diminue sans plus : cela travaille dans la direction de baisser le rendement commercialisable. À l'inverse, si tu fais des blessures ou déchires des feuilles, la valeur du produit baisse. Et le travail bâclé génère des reprises et au bout du compte prend du temps. Alors si au tri tu fixes d'avance les critères de taille et de qualité et classes par grades, le jugement n'oscille pas d'une personne à l'autre.

Ce qui a l'air d'une différence de savoir-faire et ce que la conception peut relever par le bas

Enfin, il reste un constat. Quand une différence de volume de récolte ou de qualité apparaît entre un vétéran et un novice, tu tends à trancher par « à cette personne il manque encore du savoir-faire ». Mais, après ce qui a été dit jusqu'ici, ce n'est peut-être pas un problème de savoir-faire, mais simplement que la hauteur de la table ne colle pas, que l'organisation du jour de coupe n'est pas homogène d'une personne à l'autre, que la procédure d'hygiène n'a pas été distribuée.

Ici nous séparons deux choses. La conception — la hauteur de la table, l'organisation du jour de coupe, les procédures d'hygiène et de parage — relève par le bas le « sol » tant du vétéran que du novice. Si la procédure se distribue sur une seule feuille de papier, la ligne minimale du novice monte. D'un autre côté, le « plafond », c'est-à-dire la production de la personne expérimentée, le calcul dans les situations difficiles, le dosage de la force, c'est le côté que décide le savoir-faire. Égaliser la conception ne l'efface pas, ni n'est quelque chose qui doit s'effacer.

Les confondre revient à perdre. Si tu tranches par « à cette personne il manque encore du savoir-faire » un dénivelé qu'en réalité la conception pourrait régler, tu laisses passer une différence qui se serait comblée d'une seule feuille de papier. Alors, relève d'abord le sol par la conception, et à la différence qui reste malgré tout, alors seulement appelle-la savoir-faire.

L'ordre est celui-là.

À noter qu'à partir d'ici il y a aussi des boutons qui ne se bougent pas du seul terrain de la récolte. Le préparatif de serrer la fertilisation quelques jours avant de couper pour baisser le nitrate des feuilles, le compromis où monter le rendement baisse la valeur nutritionnelle — comme avec la lumière et la solution nutritive —, et le jugement de mettre ou non de la machinerie d'automatisation : tous sont des approfondissements directement liés au rendement et au compte d'exploitation, et requièrent le calcul de « à partir de combien ça vaut la peine ». Comme ceux-ci dépassent l'entrée de la récolte, je pose seulement l'entrée de la façon de penser et cède les détails à « 172 Astuces ». L'amélioration du processus de récolte, à la fin, fait effet sur le bénéfice de l'ensemble de la ferme.

Travail post-récolte



Le légume coupé n'est pas quelque chose que tu peux simplement laisser là. Le légume perd de la fraîcheur dès l'instant où il est récolté. À l'extérieur il perd la fraîcheur juteuse et se flétrit, en goût l'arôme décline et l'amertume et l'âpreté augmentent, et la valeur nutritionnelle baisse aussi. La chaîne de travaux jusqu'à l'expédition décide jusqu'où l'on peut protéger cette fraîcheur.

Le travail post-récolte est, en gros, quatre choses. Le **transport** de la zone de culture à la zone de travail (en maintenant la température pendant la sortie et en absorbant les chocs avec des récipients et des chariots). La **pesée et le tri** pour ajuster taille, forme et poids au calibre. L'**emballage et le conditionnement** en sachets et barquettes. Et le **stockage**, en les laissant reposer à température et humidité adéquates. En tant que procédure, cela s'écoule

dans cet ordre.

Seulement, il y a ici une chose dont je veux changer d'avance la manière de voir.

L'instant où tu confirmes la qualité et l'instant où le client la confirme

Tu pèses, tu emballes, tu inspectes et tu expédies. Tu fais tourner chaque étape avec rigueur. Et pourtant, après l'expédition, arrive une réclamation : « les feuilles étaient flétries », « c'était abîmé par des gouttes d'eau ». La pesée selon calibre, l'emballage et l'inspection selon procédure. Et pourtant on te le dit à destination.

À bien y penser, le dernier instant où toi tu confirmes la qualité est la table d'inspection, et le premier instant où le client la confirme est quand il ouvre la caisse reçue. Entre les deux gît, entière, la durée du transport, la température et le ballotement. Si à l'inspection une goutte d'eau t'échappe et que tu la laisses passer, dans la caisse scellée cette humidité ne peut plus s'évacuer et va étuver la feuille tout le transport. Même si au moment de l'expédition il n'y a pas de problème, au moment d'arriver c'est abîmé.

Autrement dit, le travail post-récolte n'est pas un processus qui ne fait que confirmer l'état actuel, mais un processus qui décide ici et maintenant l'état de quelques heures plus tard, de quelques jours plus tard. Voilà pourquoi le critère d'inspection aussi se retrace : non seulement « si c'est dans le calibre », mais en déduisant à rebours depuis « comment ce sera à l'ouverture ».

Le premier pas de cette déduction à rebours, c'est de te faire toi-même client. Sors une caisse de l'expédition du jour. Au lieu de la laisser sur l'étagère d'expédition, laisse-la reposer la même durée de transport, dans la même bande de température, et ouvre-la toi-même à l'heure où l'ouvrira l'autre côté. Alors « sans problème à la mise en carton, gouttes d'eau un demi-jour plus tard, flétrissement un jour plus tard » s'aligne sur l'axe du temps avec ce qui se passe à la sortie de ton propre processus. Cela ne devine pas au-delà, jusqu'à la logistique. C'est une vérification à très bas prix pour séparer seulement le dommage que tu as déjà mis dans ton propre processus, avant de remettre à la logistique.

Les trois types de détérioration

La détérioration qui apparaît avec le temps, il vaut mieux ne pas tout mettre dans le sac de « la fraîcheur a baissé ». En la touchant de la main, elle se divise en plusieurs types. Parce que

la physique qui se produit est différente pour chacun.

Le **flétrissement (déshydratation)** a la feuille sans fermeté et légère. Si tu pèses, ce doit être en dessous de ce que c'était à l'expédition. C'est un signe que, à la phase précédant le refroidissement, l'eau s'échappe de la feuille. Quand sur mon terrain sortait du flétrissement, en général s'était allongé le temps où la feuille restait nue à l'air sec entre la récolte et le pré-refroidissement et l'emballage. Les leviers sont : ne pas la laisser sécher avant de refroidir et avant d'emballer, et serrer les processus qui exposent la feuille. Si le flétrissement tend à sortir avant l'emballage, humidifier pour contenir le dessèchement autour de la feuille fait aussi effet. Seulement, il faut faire attention : cette humidification ne fait effet que « avant l'emballage, du côté du flétrissement ». Si tu laisses l'humidité enfermée après l'avoir mise en sachet et fermé, cette fois ça penche vers les deux types suivants. Bien que ce soit la même « eau », selon la situation le levier s'inverse.

Les **gouttes d'eau (condensation)** apparaissent sous forme de gouttes collées à l'intérieur du sachet. C'est le type d'avoir scellé encore chaud. Si tu mets en sachet et scelles une feuille non refroidie jusqu'au cœur, l'humidité de dedans ne peut plus s'évacuer et se condense en gouttelettes à l'intérieur. Les leviers sont : baisser la température jusqu'au bout avant de sceller, ou passer à un emballage qui la laisse sortir. À l'inverse, si tu scelles après avoir refroidi jusqu'au cœur, le scellage a plutôt une facette qui joue en faveur en retenant l'humidité. Ce n'est pas que le scellage en soi soit mauvais, mais que ce qui fait effet, c'est d'avoir scellé avant de refroidir complètement.

La **putréfaction (étuvage)** tend à sortir au niveau du fond et au centre de la caisse. C'est le type d'avoir empilé avant que ça refroidisse et que la chaleur du centre ne soit pas sortie. Les leviers sont : baisser la température du cœur avant d'empiler, et empiler d'une façon qui laisse passer l'air. Il y a ici encore une voie qui ne s'explique pas avec la seule température et la façon d'empiler. Dans la putréfaction influe aussi le nombre de microbes qui étaient déjà à la surface de la feuille. Si les ustensiles ou les récipients sont sales, elle ramasse des microbes là, et ensuite l'humidité et la température dans le sachet le font avancer. Alors la contre-mesure contre la putréfaction n'est pas de mettre des équipements de désinfection spéciaux ; d'abord, le rangement de toujours : laver et sécher les ustensiles et récipients utilisés, sécher l'eau de la table, ne pas laisser s'accumuler les restes qui sortent. Les microbes sont partout à la base et ne se peuvent mettre à zéro. Alors plutôt que « ne pas les

faire entrer », « ne pas les augmenter, ne pas les répandre ». C'est la routine d'hygiène qui appartient au sol de la qualité, avant même de parler de types.

À combien de degrés et en combien de minutes un type bascule bouge selon la culture, selon l'emballage et selon les conditions logistiques. Ici on ne peut affirmer tranchant. Suivre une caisse sur ton propre terrain et confirmer où apparaît le type, c'est ce qui est sûr.

Ordonne les leviers comme « opération → consommables → équipement »

Une fois que tu as sorti des leviers par type, cette fois aligne-les sur un autre axe. Selon la taille de la peine et de l'argent que coûte les changer, les leviers se divisent en trois couches.

La première est la couche de l'**ordre, du moment et du trajet**. L'ordre de refroidir, la façon d'empiler, le temps où l'on expose la feuille se changent par opération dès aujourd'hui. Ça ne coûte pas d'argent, il suffit de décider et de faire tourner. L'ordre de sortir le stock est aussi ici. Ce qui entre en premier sort en premier. Si tu romps cela et laisses le vieux stock stagner sur l'étagère, tu lui donnes juste ce temps de plus pour que la déshydratation et la putréfaction avancent. L'hygiène de laver les ustensiles et ranger l'eau s'aligne aussi dans cette couche gratuite.

La deuxième est le niveau des **consommables et de l'outillage**. Changer le matériau d'emballage pour un qui laisse sortir l'humidité, changer la hauteur de l'étagère, ajouter des accumulateurs de froid. Ça se peut essayer avec un petit investissement et ça reste dans le rayon des consommables.

La troisième est la couche de l'**équipement et des contrats**. La chambre de pré-refroidissement, l'ensacheuse, la bande de température du transport logistique sont des affaires qu'on porte vers le haut.

L'important, c'est l'ordre. D'abord serre complètement l'opération de la première couche. Les types qui disparaissent avec ça n'ont pas besoin d'équipement. Inverse l'ordre et achète d'abord une chambre de pré-refroidissement pour un type que l'opération aurait pu effacer, et tu as beau dépenser de l'argent, ce type ne disparaît pas. Cela dit, ça ne veut pas dire que « avec la seule opération tout disparaisse ». Il y a aussi des types que le retouche de l'opération n'atteint pas, comme la vitesse de baisser la température du cœur ou la façon de sceller. Alors commencer par l'opération, ce n'est pas parce qu'avec l'opération tout disparaît, mais pour séparer à bas prix, avant d'acheter, « quels types disparaissent avec l'opération et quels types

ont besoin d'équipement ». Et si tu as un enregistrement de la première couche qui a séparé les types, en portant vers le haut une affaire d'équipement ou de contrat tu peux aussi dire « pour arrêter quel dommage, combien ». Les matériaux du jugement sont réunis.

Le dommage qu'on peut prévenir après la récolte et le dommage qui se décide en amont

Même en le serrant couche par couche, il reste une question. Le processus post-récolte ne décide pas « tout ».

La façon de distinguer est celle-ci. Suis une caisse : sans problème à l'expédition, et un demi-jour plus tard, un jour plus tard, un type apparaît. Flétrissement, condensation, étuvage. C'est le côté qu'on peut changer après la récolte. Le dommage qui apparaît avec le temps, c'est ta propre manipulation qui le crée. À l'inverse, dès que tu l'ouvres la coupe est déjà brune, la feuille a déjà un dommage, la fermeté était faible à la base et elle se flétrit tout de suite. Cela n'est pas sorti avec le temps, c'était mis dedans depuis le début. Le choix de variété, le moment de la récolte, la façon de couper : ça s'est décidé à la récolte même ou en amont d'elle, et tu as beau la manipuler avec soin après la récolte, ça ne se rattrape pas. Le dommage entré en amont, renvoie-le en amont.

Le travail post-récolte n'est pas l'endroit où porter tout. Ce qui se décide en amont, et le prix et la marque, ne se changent pas ici. Mais le rayon que toi tu finalises ici — l'état quand le client ouvre la caisse —, cela seul, fabrique-le complètement avec propreté. Qu'un lot une fois acheté soit rechoisi la prochaine fois, ou devienne réclamation et que l'affaire s'amincisse : ce qui sépare les deux, c'est s'il est arrivé dans l'état promis à l'ouverture.

À noter que si tu as un débouché qui oriente les feuilles qui n'ont pas atteint le calibre vers un usage de découpe ou de matière première de transformation plutôt que vers le rebut, ce que tu n'as pas réussi à prévenir complètement par l'opération ne reste pas en perte pure.

Jusqu'où on peut le récupérer dépend de comment tu montes les débouchés, mais cette conception du débouché et le calcul de vers quel type diriger l'investissement en équipement sont des jugements directement liés au bénéfice. Je pose ici seulement l'entrée de la façon de penser et cède l'affinage approfondi à « 172 Astuces ».

Gestion et formation du personnel

Jusqu'ici le propos a porté sur les plantules et les chiffres. À partir d'ici nous entrons dans la dernière des trois couches : la couche des personnes et de l'organisation du travail. Avec la seule technique et le seul équipement, une ferme verticale ne tourne pas. Ce qui la meut, ce sont les personnes, et comment tu formes les personnes gouverne en silence les résultats du terrain. Comparé à l'investissement en équipement ça a l'air discret, mais en réalité c'est ici que ça fait le plus effet.

En enseignant, le premier mur est « l'intuition de cette personne ». Le rendement ne se stabilise pas. Tu suis la raison et à la fin tu arrives toujours au jugement de quelqu'un de précis. Selon le jour où cette personne est là ou non, le terrain change. Tu augmentes le personnel et la reproductibilité ne sort pas, et tu essaies d'enseigner et la personne elle-même ne le met pas bien en mots : à la racine de cette inquiétude il y a probablement une idée préconçue. La prémisse que l'intuition est l'expérience et l'ingéniosité d'un individu, entièrement à lui, et ne se sort pas au-dehors. Retirons une fois cette prémisse.

L'intuition se peut diviser en trois couches

Un vétéran décide soudain quand récolter. Comment remettre ce calcul à la personne suivante. Ce n'est pas une affaire qui se règle en faisant un manuel, mais avec « regarde et apprends » non plus, parce que le terrain s'arrête à l'instant où cette personne s'en va.

Si tu essaies de demander « qu'as-tu regardé pour décider ? », ce qui revient est d'ordinaire « comme ça, à l'intuition ». Mais si tu observes bien, la couleur de la feuille, la posture du plant, la différence de croissance par niveau de l'étagère : la personne elle-même regarde plusieurs choses. Seulement elle ne les verbalise pas ; elle regarde des indices fixes. Ce « comme ça, à l'intuition » n'est ni mensonge ni paresse et est probablement un fait, mais « ne pas pouvoir le mettre en mots » et « ne pas pouvoir en faire une forme » ne sont pas la même chose.

Moi, je pense le jugement du vétéran divisé en trois couches selon la facilité de standardisation.

- **Première couche : la valeur que lit un instrument.** Elle reste comme chiffre, telle quelle, sans passer par la sensation de la personne elle-même. Seulement, comment lire ce chiffre — s'il est étalonné, où on l'a mesuré, comment traiter la différence entre niveaux si c'est une étagère à plusieurs étages — est déjà affaire de la couche suivante. Même en légumes-feuilles en ferme verticale, dans la même salle la croissance diffère entre un

niveau où le flux d'air stagne et un où non, et avec le chiffre d'un seul point la réalité t'échappe.

- **Deuxième couche : le jugement qui se ramifie par conditions.** La partie de ramification de « si la couleur de la feuille est ainsi, à cette époque, pour cette destination d'expédition, alors on récolte ». Même si la personne ne sait pas le dire, si à côté d'elle tu demandes bien des fois « pourquoi ne l'as-tu pas récolté à l'instant ? », des candidats d'indices se ramassent. Seulement l'explication a posteriori diffère parfois du jugement réel, alors on recoupe à plusieurs reprises et à plusieurs personnes.

- **Troisième couche : le toucher de la main.** La partie authentiquement difficile à quantifier, celle qui reste dans la main jusqu'au bout.

La clé est de ne pas essayer de tout faire forme dès le début. Comme tu mets les trois couches ensemble dans le sac « intuition », ça devient difficile à remettre. Si tu ramasses d'abord la partie qui se verbalise dans la première et la deuxième couche, une bonne part de l'intuition se peut rapprocher des points de passation ordinaires. Ce qui reste, c'est la seule troisième couche, celle qui reste dans la main. Comme tu ne sépares pas cela et dis « regarde et apprends tout », ça s'arrête à l'instant où la personne s'en va.

Le calcul du moment de récolte est justement une situation où se superposent ces trois couches. Il y a une référence proche d'un instrument : les jours de croissance depuis le semis et la plantation définitive (première couche). Mais à la fin tu regardes l'aspect — la couleur de la feuille, la posture du plant — et tu décides de récolter maintenant ou d'attendre un jour. Cette lecture de l'aspect ne se met pas complètement en mots et tend à rester dans la main (troisième couche). Poser les chiffres en socle et remettre le calcul final à côté, par démonstration : en le regardant séparé, ça se met en ordre jusque-là sans peine.

La verbalisation se dissout dans le rapport quotidien des temps normaux

Sortir le contour de la deuxième couche en demandant des dizaines de fois à côté coûte pas mal de temps et pas mal de main-d'œuvre. Et si tu ne le fais pas tant que le vétéran est encore sur le terrain, tu n'arrives pas à temps. Pourtant, le terrain tend à commencer en hâte seulement quand on sait que cette personne s'en va.

Alors, au lieu de le monter comme un projet spécial, dissous-le dans le travail quotidien. Si tu arrêtes le terrain et assieds le vétéran à côté pour recueillir sa déposition, la personne se met

sur ses gardes et ça ne continue pas. Au lieu de ça, sur une ligne du rapport quotidien ou de la passation, ajoute une raison **seulement les jours où le jugement s'est divisé**. «

Aujourd'hui je n'ai pas récolté, parce que la couleur de la feuille n'y était pas encore. » Si tu essaies d'écrire tous les jours, aux périodes de travail c'est la première chose qu'on omet. Si c'est une ligne, ça tourne comme prolongement du travail quotidien.

Quant à qui écrit, plutôt que de faire verbaliser le vétéran lui-même, ça tourne mieux que le jeune qui travaille à côté note en une ligne « quoi, quand, comment il l'a fait ». Comme la personne ne sait dire que « comme ça, à l'intuition », c'est le côté qui a la question qui enregistre. Seulement la partie du « pourquoi » ne se remplit pas si le vétéran ne répond pas un mot sur le moment, alors avance tant que c'est temps normal et qu'il coopère encore. Quand ça s'accumule, relis de temps en temps les raisons qui se répètent pour les regrouper en ramifications par condition, et la ligne qu'a écrite le jeune, que le vétéran confirme ensuite en un mot « si avec cette compréhension c'est bon ». Plutôt qu'arriver à temps, c'est créer en temps normal un état d'être à temps.

La formation des novices s'appuie aussi sur cette séparation. Les bases vont pour tous : la différence entre une ferme verticale et l'agriculture conventionnelle ; les bases de la gestion de la culture comme température, humidité, lumière, CO2 et solution nutritive ; les procédures de chaque processus ; la maîtrise sanitaire ; le contrôle de la qualité ; la gestion de la sécurité. Puisqu'on se joint au travail, un minimum de connaissance est indispensable, et l'hygiène et la qualité surtout avec accent. Les spécialités au-delà — technique de culture, gestion des équipements, analyse des données — se remettent par étapes à qui a fini les bases. Cette partie de spécialité est justement le territoire où s'entassent la deuxième et la troisième couche de tout à l'heure.

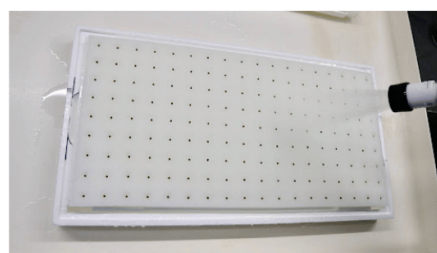
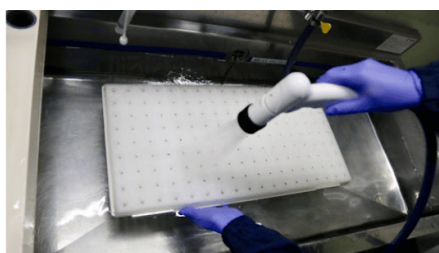
Il y a une chose que je veux poser avec honnêteté. Avant de demander « comment remettre l'intuition », on peut aussi se demander si l'on ne peut pas s'en tirer sans la remettre.

Augmenter la partie mesurable par instruments et pousser la deuxième couche vers la première. Reconcevoir le travail pour réduire les situations qui exigent un jugement. Simplifier le critère pour qu'il atterrisse sur la même procédure quel que soit qui le fait. Si ainsi l'on peut réduire le volume même d'intuition, la peine de la remettre cesse aussi d'être nécessaire. C'est la direction correcte comme ligne principale, et ce qu'on peut réduire, mieux vaut l'incliner par là. Seulement, la partie que l'automatisation et la standardisation n'atteignent pas

complètement reste de toute façon. Alors ici il s'agit de « après avoir incliné ce qu'on peut, comment remettre ce qui reste malgré tout ». Jusqu'où l'incliner vers des systèmes et où dépenser personnes et coût : ce calcul est le jugement même de réduire l'opex, et la façon de penser approfondie, je la cède à « 172 Astuces ».

Quand cette séparation se réussit, l'intuition cesse d'être « quelque chose qui disparaît avec chaque personne ».

La rigueur de la maîtrise sanitaire



Une fois les personnes mises en ordre, tu passes au socle du terrain où ces personnes travaillent : l'hygiène. Le terrain d'une ferme verticale traîne toujours le rapport avec les pathogènes et les nuisibles. Ce sur quoi les novices trébuchent le plus, c'est cette maîtrise sanitaire. Parce que, si tu es convaincu que l'hygiène est affaire de la quantité de nettoyage de « combien laver », un jour tu heurteras sans faute le mur où, tu as beau laver, les chiffres ne baissent pas. Je laisse d'abord ma position écrite. Les microbes ne se peuvent mettre à zéro. Tu as beau isoler le bâtiment, il y a une part qui entre mêlée en petite mesure dans l'eau du robinet et l'eau de la solution nutritive, et là où se joignent température et eau, il y en a toujours quelque part. Voilà pourquoi pour moi, déterminer « par où sont entrés » les microbes ne me trouve pas grand sens. Il n'y a que deux choses à maîtriser. Si tu ne crées pas le lieu où ces microbes augmentent (le foyer). Et si tu ne répands pas vers un lieu qui devrait être propre la contamination qui s'est concentrée en un point. La maîtrise sanitaire commence par changer d'état d'esprit : ce n'est pas le travail d'augmenter le nombre de lavages, mais le travail de ne pas augmenter, de ne pas répandre.

La raison pour laquelle ça stagne même en augmentant le nombre de lavages

« Je l'ai monté de trois fois par semaine à chaque jour, et le chiffre de microbes de la zone de culture ne change pas par rapport à avant. » Tu épaissis le manuel de procédures, tu ajoutes des lieux à nettoyer, et de nouveau ça stagne au même chiffre sans baisser. Novice, ici tu

tends à t'angoisser avec « mon nettoyage est-il bâclé ? », mais en général ce n'est pas un problème de la quantité de nettoyage.

En marchant sur le terrain, tu remarques quelque chose de curieux. La table que tu essuies chaque jour est raisonnablement propre, tandis que sous une étagère que les gens touchent à peine ou au joint d'un tuyau — des lieux qui n'entrent pas dans la procédure de nettoyage — le chiffre de microbes est pire. Le lieu que tu laves et le lieu où les microbes augmentent sont, à la base, désalignés. Plutôt qu'un lavage insuffisant, je le vois ainsi : dans les lieux où s'accumulent la condensation et la matière organique et qui ne sèchent pas, il est facile aux microbes de s'installer. Les légumes-feuilles utilisent de l'eau. Inévitablement, dans les endroits bas, les joints et autour des drains s'accumulent les restes d'eau et de solution nutritive. Là, la température et l'humidité sont aussi commodes pour les microbes. Tu épaisisses le manuel et augmentes les lieux à nettoyer, mais si reste le foyer même de multiplication, ça stagne ; cela, je l'ai vu bien des fois sur le terrain. Alors ce qu'on regarde d'abord, ce n'est pas le tableau de nettoyage, mais « où l'eau s'arrête et ne sèche pas ». Si c'est conçu pour que ça sèche, à la base l'affaire n'en arrive même pas à une joute du nombre de lavages.

En hydroponie, il y a encore une chose à soigner. C'est l'avertissement que le fait même que la solution nutritive circule dans les installations peut devenir une structure qui pousse la multiplication des microbes qui peuvent se mouvoir dans l'eau. Seulement, ici c'est facile à mal comprendre : la circulation en soi n'est pas un mal. Tant que tu assures un débit suffisant et la fais tourner normalement, sans stagnation, ce n'est pas que la circulation fasse bondir le risque ; c'est mon critère. Ce qui devient problème, ce sont les lieux où le flux s'arrête et l'eau stagne, ceux qui ne sèchent jamais. Que les microbes augmentent facilement dans le système de solution nutritive dépend en grande mesure, avant le nombre de lavages, du côté structurel de si l'eau coule comme il faut et si elle ne stagne pas.

Ne pas porter la contamination concentrée vers la zone propre : les plantules et le trajet

Une fois maîtrisé le lieu où ils augmentent, ce qui fait effet ensuite, c'est où tu concentres ces microbes et vers où tu les répands. Les microbes eux-mêmes sont partout, ténus et en petite mesure. Le problème, c'est s'il reste dans les installations une voie par laquelle les microbes, qui devraient être ténus, se concentrent en un point et sont portés vers la zone de culture qui

devrait être propre.

Les porteurs sont, en gros, deux. L'un, ce sont les plantules. Le substrat et autour des racines sont, à la base, un lieu concentré avec plus de microbes. Si tu les mets telles quelles dans la zone de culture, tu mets de la contamination concentrée dans un lieu qui devrait être propre. Tu as beau laver la salle, la part qui vient collée aux plantules ne se réduit pas par le nombre de lavages. L'autre, c'est le trajet des personnes et des choses. Production de plants, repiquage, récolte, emballage : des salles qui devraient différer en propreté finissent traversées d'un côté à l'autre par des chariots et des personnes. Les roues des chariots, les bottes, les gants portent tels quels les microbes concentrés du côté sale vers le côté propre. Alors le point à maîtriser est la structure de fixer à un seul point le lieu où l'on reçoit les plantules et de monter le trajet en un seul sens, du plus propre au moins propre. Ne pas laisser refluer, ne pas laisser revenir. Ne pas introduire les microbes du lieu concentré dans le lieu tenu. Si tu maîtrises cela par la conception, le nettoyage ultérieur devient pas mal plus facile.

En inspectant le trajet, si tu divises une fois les installations en trois par degré de propreté, ça commence à se voir où ça se croise.

| Zone | Propreté | Lieux principaux | Point à maîtriser | | --- | --- | --- | --- | | Zone contaminée |
Basse | Entrée de l'installation, bureau, toilettes, salle de repos | Arrêter la contamination
apportée de l'extérieur | | Zone de transition | Moyenne | Salle de préparation des matériaux,
lieu de changement de vêtements et de lavage des mains | Ne pas transférer de
contamination vers la zone propre | | Zone propre | Haute | Zones de semis, de culture et de
récolte | Maintenir ceci le plus propre possible |

Fixe le trajet en un seul sens : zone contaminée → zone de transition → zone propre. Avant d'entrer dans la zone propre, passe toujours par la zone de transition et entre après avoir ôté la saleté par le changement de vêtements et le lavage des mains. Ne pas entrer dans la zone propre en sautant la zone de transition : voilà la base. Si tu le regardes dans ta propre installation, les points sont à peu près fixés. Si personnes et choses vont comme il faut en un seul sens, de la salle la plus propre à la moins propre. S'il y a une situation où un chariot ou une personne reflue en revenant du côté bas vers le haut. Si l'entrée de réception des plantules est fixée à un seul point, ou si elles entrent d'ici et de là. Rien qu'en rendant visibles les limites par un code couleur au sol et une signalétique, le mouvement des gens change.

Avec des employés qui « font attention » sans plus, l'environnement hygiénique se dérègle vite. Le mettre en ordre par des règles et une structure, c'est le réaliste.

Problèmes qui s'effacent par la structure et problèmes qui se bougent par l'opération
Jusqu'ici, tant le lieu où augmentent les microbes que la voie par laquelle se répand la contamination concentrée sont apparus comme du côté structurel de l'installation. Alors ce qui fait effet ensuite, c'est de tracer la ligne. Ce que tu as maintenant devant toi, est-ce « un problème qui ne disparaît pas si tu ne règles pas la structure », ou « un problème qu'on atteint en changeant la façon de nettoyer ou de désinfecter » ?

Ce qui sert ici, c'est l'ordre de « d'abord, commence par agir ». Tu as beau parler d'abord de structure, les murs de l'installation existante ne se bougent pas sur le moment. Alors essaie d'abord de changer la façon de laver et sécher, qui ne coûte pas d'argent et se bouge dès aujourd'hui. Si les chiffres baissent sans résistance, c'était un problème que l'opération atteint. À l'inverse, si même en doublant le nettoyage ça récidive fidèlement à un lieu précis, à une saison précise — par exemple, ça revient à la même ligne du côté sud seulement à la saison des pluies —, cela je le vois comme signal du côté structurel. Que ça sorte au même lieu quoi que tu tentes, cette stagnation est justement ce qui t'enseigne que le foyer est du côté structurel. Un autre indice, c'est si ça sort pareil, au même lieu, même en changeant de responsable. Si ça change en changeant de personne, c'est le côté de l'opérateur ; si ça sort au même lieu quel que soit qui le fait, c'est le côté structurel : voilà la séparation.

Même en sachant que c'est le côté structurel, retracer des cloisons ou des pentes dans l'installation existante devient presque une reconstruction. On ne peut pas y mettre la main sur le moment. Dans ce cas, fais que l'opération fasse effet « à la place de la structure ». Fixe à un seul point le lieu par où tu mets les plantules, et sépare les chariots entre le côté plus propre et le moins propre sans les mélanger. Même sans mur physique, l'introduction et le croisement se peuvent maîtriser avec ça. Ou divise par le temps. Regroupe le travail propre le matin et le travail qui salit l'après-midi, en créant le sens unique par le temps. Seulement, si tu n'intercales pas nettoyage et séchage pour remettre à zéro après le travail sale de l'après-midi, cette saleté se reporte au matin suivant et le sens unique se rompt. Diviser puis remettre à zéro une fois sans faute : jusque-là c'est un ensemble. Autour de l'eau aussi, même si tu ne peux pas régler sur le moment la pente ou le drainage, rien qu'en drainant et séchant

les tuyaux et cuves qui cessent d'être utilisés après la journée et l'eau stagnante des endroits bas, la part qui stagne et augmente s'affaiblit pas mal.

La désinfection n'est pas une panacée : la gestion d'une circulation normale plutôt que les équipements de désinfection

Il y a des situations où l'on pose la désinfection (ozone, UV, chloration de la solution nutritive) par-dessus le nettoyage et le séchage. Le nettoyage est le processus d'entraîner physiquement la saleté ; la désinfection est le processus ultérieur de tuer par des agents les pathogènes qui restent même après lavage. On ne doit pas inverser l'ordre. Parce que si tu répands du désinfectant avec la matière organique et les résidus végétaux encore présents, l'effet chute beaucoup.

Seulement, il y a une chose que je veux dire avec fermeté ici. La désinfection n'est pas une mesure universelle qu'on met et c'est fini. Les désinfections comme le chlore, le dioxyde de chlore, l'UV et l'ozone peuvent certes réduire les microbes. Mais la façon dont elles agissent change beaucoup selon le type de microbe adverse et selon la concentration et le temps de contact de l'agent, et il n'existe pas de traitement standard qui agisse sur tout avec une seule chose. De plus il y a des effets secondaires. Le traitement à l'ozone peut baisser le fer et le manganèse de la solution nutritive, ou réduire avec non seulement les pathogènes visés, mais aussi les micro-organismes bénéfiques qui font un travail utile dans la solution nutritive. On réduit les microbes visés, mais on rogne le « côté qui élève » : les nutriments de la solution nutritive et l'équilibre des microbes.

Voilà pourquoi moi, je me range du côté d'appliquer à fond la gestion d'une circulation normale, plutôt que de contenir avec des équipements de désinfection. Assurer un débit suffisant, la faire tourner normalement sans stagnation, laver et sécher. Sur ce socle, poser seulement la désinfection nécessaire. L'ordre est, par-dessus tout, celui-là. Au lieu de t'appuyer complètement sur la désinfection, ajoute la désinfection en auxiliaire là où tu as coupé le foyer et la voie par la structure. Non « sûr parce que j'ai mis des équipements de désinfection », mais « ça se maintient propre parce que ça tourne normalement » : pense-le dans cet ordre.

Les trois couches que regroupe le mot « sécurité »

Si tu approfondis la maîtrise sanitaire, tôt ou tard tu heurtes la question « nos légumes sont-ils sûrs ? ». Surgissent des situations où te le demandent les acheteurs de la destination d'expédition ou les consommateurs. Il y a ici une chose que j'aimerais laisser en ordre dès novice. Le seul mot « sécurité » regroupe en réalité trois couches de nature différente.

La première est la **couche du sans pesticides**. Celle-ci est l'histoire de « qu'as-tu ne pas mis à l'entrée », et elle est proche d'une étiquette de produit. Elle ne dit que le seul point qu'on n'a pas utilisé de pesticides. De l'eau, des insectes, de l'hygiène, le mot « sans pesticides » ne garantit rien. « Sûr parce que sans pesticides » se peut aussi dire n'être que coller la phrase la plus facile à dire sur tous les soucis.

La deuxième est la **couche microbienne**. C'est le risque opérationnel que les microbes augmentent dans l'installation et puissent se répandre par les conduites d'eau. On dit volontiers qu'une ferme verticale est sûre parce qu'elle est fermée, mais être fermée signifie aussi que, quand quelque chose se produit à l'intérieur, tout est connecté à travers l'eau et le HVAC. Si des microbes sortent sur une étagère, ils peuvent monter la conduite d'eau et circuler vers la ligne d'à côté. L'unité pour regarder la sécurité passe d'« un plant » au « rayon connecté par la conduite d'eau » : voilà cette couche. Cependant, ce n'est pas une histoire de « fermée = anéantissement total assuré ». Plutôt à l'inverse : une installation hydroponique qui circule normalement avec un débit suffisant et est bien gérée a, à la base, un bas risque que les pathogènes prolifèrent. La clé, c'est que ce qu'on demande, c'est comment tu divises cette conduite d'eau et comment tu maintiens normale la circulation.

La troisième est la **couche du contrat**. Quand quelque chose se produit, jusqu'à quel lot tu remontes pour retirer. Quand l'équipement s'arrête et qu'une zone entière devient inutilisable, comment se meuvent le contrat et l'assurance. Ce qui importe vraiment à la destination d'expédition n'est pas la présence de pesticides, mais, en général, ceci : l'accord de qui assume jusqu'où quand ça se répand.

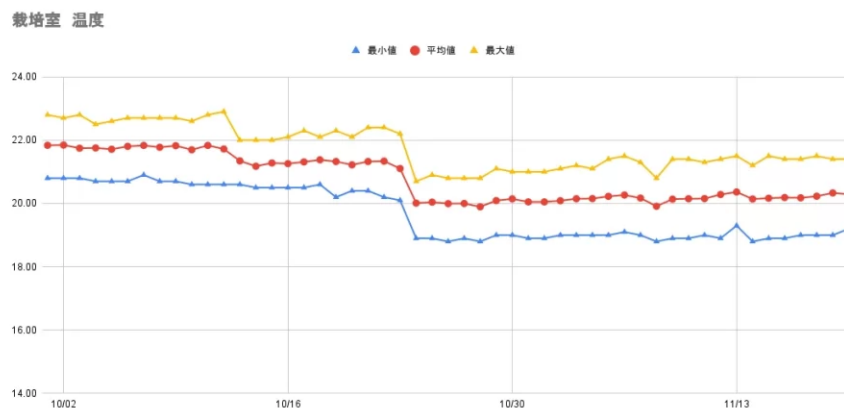
Le même mot « sécurité » regroupe en réalité trois choses de couches différentes. Voilà pourquoi, si en te le demandant tu réponds en les mêlant, ça ne s'emboîte pas. Quand le consommateur dit « je ne sais pas, ça me paraît artificiel et ça m'inquiète » et que tu lui renvoies le contenu technique de « nous séparons les systèmes d'eau », tu peux finir par l'inquiéter davantage : « faut-il le gérer à ce point pour que ce ne soit pas dangereux ? ». Ce que j'aimerais que tu acquières dès novice, c'est l'attitude d'extraire un seul axe de ce qui

inquiète l'autre et de renvoyer des faits sur ce seul axe. Si on demande les pesticides, « nous n'en utilisons pas ». Si on demande l'eau, « c'est une solution nutritive avec de l'engrais dissous, et nous gérons ainsi la concentration et le renouvellement ». Si on demande l'hygiène, l'histoire du zonage et du séchage. Plutôt qu'affirmer tranchant que c'est sûr, aligner ce que tu fais et ce que tu ne fais pas atteint mieux l'inquiétude de l'autre.

Et rappelle-toi aussi que le rayon que tu peux renvoyer avec tes propres mots et le rayon que tu dois remettre à l'inspection sont des choses différentes. La concentration de la solution nutritive et la fréquence de renouvellement, la date de récolte, l'environnement de culture sont tes propres enregistrements, alors si on te le demande tu peux les renvoyer avec tes propres mots. D'un autre côté, les valeurs d'analyse des pesticides résiduels, le comptage des microbes et la traçabilité de l'origine, tu as beau dire « nous le faisons » ou « nous n'en utilisons pas », c'est seulement ta propre parole et ça ne devient pas une preuve que l'autre puisse utiliser comme base de la transaction. C'est le rayon que tu dois remettre à l'inspection et aux enregistrements d'un tiers. Transmettre tôt « nous ne le couvrons pas » de ce que tu ne peux pas produire finit par être, au bout du compte, plus digne de confiance que de forcer avec « c'est sûr ».

Les légumes-feuilles s'expédient souvent sans lavage après la récolte, alors l'environnement hygiénique pendant la culture devient tel quel l'état hygiénique du produit. La maîtrise sanitaire est un travail discret et sans fin. Ni le point où tu obtiens une certification ni le point où une inspection est sortie négative ne sont le but. D'abord lave, sèche et tente, et lis la stagnation qui reste malgré tout comme signal structurel. Coupe le lieu où augmentent les microbes et la voie par laquelle se répand la contamination concentrée, sépare ce qui se peut effacer de ce qui se bouge, et continue de regarder où ça réapparaît. Cette attitude discrète est celle qui fait effet à la fin. À noter que comment composer les items d'inspection dans les trois étapes de cause, résultat et attitude, quoi renforcer selon la destination d'expédition (grande distribution, restauration, restauration collective), l'affinage des valeurs de référence des spécifications d'achat et des contrats et assurances, sont des affaires qui entrent dans le territoire de la conception d'affaires plutôt que dans la gestion des opérations sur le terrain. Je pose ici seulement l'entrée de la façon de penser et cède la pratique approfondie à « 172 Astuces ».

Analyse des données



Les processus jusqu'ici ont laissé des enregistrements pendant qu'ils tournaient. Enfin, l'analyse des données, qui relie cet enregistrement au jugement. En entendant « analyse » tu te mets peut-être sur tes gardes, mais le point de départ n'est pas d'acheter un système nouveau, mais est bien plus à portée de main. C'est l'histoire de l'ordre qu'il convient de maîtriser avant qu'un fournisseur te dise « d'abord augmentons les capteurs et récoltons des données ».

Les enregistrements s'accumulent, mais les regarder est après l'incident

Tu notes température, humidité et volume de récolte sur le rapport quotidien, et tu enregistres aussi le coût électrique chaque mois. Que cela en soi continue, il y a beaucoup de terrains ainsi. Le problème est après l'avoir noté. S'il y a quelqu'un qui le regarde comme il faut, c'est douteux. Ce n'est que quand la récolte chute que tu remontes pour la première fois et te rends compte a posteriori que « à ce moment-là le chiffre était vraiment bizarre ». Le coût électrique aussi finit en le regardant et « que c'est cher ». Les données sont déjà en abondance à portée de main, mais les regarder est toujours « après que quelque chose s'est produit ».

Ce qui manque n'est pas un capteur nouveau. Qui regarde, et quand, ce que tu as déjà à portée de main : c'est là que ça manque. Il y a deux façons de regarder : le « rattrapage a posteriori » qui remonte après que l'incident s'est produit, et l'« inspection périodique » qui regarde à point fixe en temps normal, quand rien ne s'est produit. Le rattrapage a posteriori est trop tard, alors il ne sert qu'à vérifier la cause.

Alors ce qui se décide avant d'acheter un système nouveau, c'est qui regarde et quand, c'est tout. Une façon que j'ai maintenue sur le terrain des légumes-feuilles en ferme verticale :

quinze minutes le matin, une personne lit à voix haute le rapport de la veille. Température, humidité, volume de récolte, chaque matin même sans anomalie. Alors « c'est plus haut que d'habitude » s'accroche à la phase d'une petite sensation d'étrangeté, avant de devenir un incident. Le coût électrique aussi, rien qu'en le regardant sommairement chaque semaine au lieu d'une fois par mois, « cette semaine seule est bizarrement haute » commence à se voir comme un HVAC qui tourne de trop ou une porte restée non fermée. Dans une ferme verticale qui fait tourner sans cesse l'éclairage et le HVAC dans un environnement fermé, sur mon terrain cette zone sortait la première.

Le même chiffre, regardé après que ça s'est produit est un simple enregistrement ; regardé chaque jour en temps normal devient une mesure qui mesure « la différence avec d'habitude ». L'exploitation des données avance beaucoup rien qu'avec ce changement d'abord.

Fais de la largeur du normal une mesure, et ne charge pas le jugement sur une seule personne

Quel est l'enregistrement minimal à réunir ? Alignés du point de vue de servir de base au jugement de gestion, ce sont trois types : production (le volume de récolte quotidien et, si possible, le rendement commercialisable), coût (le coût électrique et l'usage de main-d'œuvre et de matériaux) et qualité (le grade des expéditions et combien est sorti hors calibre). Ceux-ci restent d'ordinaire dispersés séparément dans différents cahiers et reçus, alors au lieu de commencer à mesurer quelque chose de nouveau, aligne ce qui existe déjà en un même lieu. Fabriquer l'ensemble minimal commence par là.

Si tu maintiens chaque jour la lecture à voix haute de quinze minutes du matin, au bout d'un temps la lecture devient un rite. Ça s'habitue et ça file. D'après ce que j'ai vu, cela se produisait presque sans faute. Alors il faut deux astuces.

La première, c'est comment fabriquer la première mesure. Ce qui est « différent de d'habitude » au début personne ne le sait. Alors au début, en te résignant à ne pas juger, fais la seule chose d'aligner des chiffres. Si tu alignes chaque matin la température de la même heure et du même lieu, « chez nous c'est à peu près par là » apparaît de soi-même comme une largeur. Note cette largeur en une ligne sur papier — « la température du matin est par là » — avec les valeurs réelles de ton propre terrain. Une fois que tu mets en lettres la largeur du normal, la mesure sort de la sensation individuelle et reste la même quel que soit qui la lit.

L'astuce est de ne pas essayer de décider le critère correct dès le début.

La seconde, c'est que, quand celui qui regarde est une seule personne, la sensation se biaise.

La lecture, fais-la faire à une personne, mais le jugement, ne le fais pas faire à une seule.

Celui qui lit peut être fixe chaque jour. Seulement, uniquement quand il pense « ceci me paraît différent de d'habitude », lance sur le moment à une personne de plus « toi qu'en penses-tu ? ». Ce qui évite que ça s'habitue et file, c'est en réalité aussi ceci. Comme se concentrer à la perfection chaque jour est impossible, fais-en une règle que seulement quand quelque chose s'accroche on le dit à voix haute et on implique une deuxième personne. L'idée, c'est que, même une lecture sommaire, il suffit que ce soit une structure où, si une chose s'accroche, on peut s'arrêter.

Que ça s'habitue est la prémisse. Laisse-le dans une forme qui se ramasse même habitué.

Une opération qui s'appuie sur une concentration parfaite, pour commencer, ne dure pas.

Décider séparément qui regarde et qui juge est discret, mais c'est un point qui fait effet.

Ajouter de la mesure vient après avoir heurté le mur de la séparation

Quand la lecture du matin et le coût électrique hebdomadaire te laissent ramasser « différent de d'habitude », vient sans faute le mur suivant. Le mur où la différence se voit, mais où pourquoi c'est devenu ainsi ne se sépare pas avec l'enregistrement à portée de main. Par exemple, la récolte a chuté et le coût électrique a aussi monté, mais la température du rapport est dans la largeur du normal. Ici tu ne parviens pas à dire « est-ce le HVAC, est-ce l'eau, est-ce autre chose ? ». Avec l'enregistrement à portée de main, la séparation s'arrête. C'est là pour la première fois le signal d'« ajouter de la mesure ». À l'inverse, si tu ajoutes des capteurs avant de heurter ce mur, comme il n'y a pas d'habitude de regarder, au bout du compte tu finis par les regarder et c'est tout. L'ordre est inversé.

Là où cet ordre fait effet sans résistance, c'est dans un environnement fermé comme les légumes-feuilles en ferme verticale. Parce que les variables sont relativement peu nombreuses et que le rapport quotidien et le coût électrique en ramassent beaucoup. Dans une serre ballottée par l'air extérieur et le rayonnement solaire, ou dans le territoire des légumes-fruits aux nombreuses variables, il y a sûrement des situations où sans plusieurs mesures dès le début l'affaire ne commence pas, alors prends ce que je pense comme, en tout cas, l'histoire du côté de l'environnement fermé.

Une chose de plus : si tu vas ajouter de la mesure, regarde aussi en même temps si « qui la lit, et quand » se peut monter sur l'opération. Une mesure qu'on peut ajouter comme une ligne au cadre des quinze minutes du matin dure. Ce qui ne se voit pas sans ouvrir chaque jour à part un écran dédié, tu as beau qu'il soit de hautes performances, tôt ou tard personne ne le regarde plus. Cela aussi, je l'ai vu bien des fois sur le terrain. Alors quand tu ajoutes, pense sans faute si tu ne peux pas laisser tomber une vieille ligne. Le cadre de lecture fixe à quinze minutes, et n'augmente pas le nombre de lignes. Si la température que tu as alignée au début se stabilise à « à peu près par là » et ne sort pas longtemps, plus besoin de la dire à voix haute chaque matin. Tu peux la laisser tomber vers la confirmer de temps en temps hebdomadairement. N'augmente pas le cadre, change le contenu. Le jugement d'ajouter et le jugement de laisser tomber vont ensemble.

Mesure qu'on fait tourner sur une voie à part : détection de pannes et étalonnage

Jusqu'ici c'est l'histoire de « la mesure pour la séparation vient après avoir heurté le mur », mais à part cela il y a aussi de la mesure qu'on fait tourner dès le début.

Les anomalies comme une panne ou une maladie, où quand tu t'en rends compte c'est trop tard et irrécupérable, n'arrivent pas à temps avec la lecture des temps normaux. La mesure qui surveille en continu et lance des alertes est quelque chose qu'on met sans attendre le problème. Les heures aussi où l'œil humain n'arrive pas — la nuit ou en manque de personnel —, au lieu d'essayer de les combler par une opération manuelle, on les laisse aux mains de la surveillance continue.

L'autre, c'est l'étalonnage de la mesure elle-même. Si un capteur renvoie une valeur décalée, même la largeur du normal que tu t'es donné la peine de noter se déforme, et tu crées un « rattrapage a posteriori » du côté des données. La garantie que l'instrument sort la valeur correcte se reprend périodiquement comme prémisses de l'opération. Avec cela, le papier où tu as noté la largeur, mets-le à jour et transmets-le chaque fois que la personne change. Ces deux choses sont l'exemple type de par où se rompt une opération dépendante des personnes, alors les décider dès le début est commode.

Le commencement n'est pas un capteur, mais une feuille de papier

« Nous, à la base, nous n'avons mis ni capteurs ni IoT, alors l'exploitation des données c'est encore une affaire lointaine. » Il y a qui le ressent ainsi et s'arrête à l'entrée, mais le

commencement n'est pas un capteur, mais une feuille de papier. Si tu n'enregistres encore rien, avant d'aller acheter de l'IoT, choisis un seul chiffre qui déjà t'inquiète et essaie de le noter chaque jour à la même heure. Il suffit de la valeur du thermomètre et du volume de récolte, ou même du seul coût électrique qui arrive chaque mois. Le plus facile à commencer, c'est le coût électrique. Comme il arrive chaque mois sous forme de facture, tu ne fais que changer « le regarder et le classer » en « noter le chiffre de ce mois à côté de celui du mois dernier, aligné en un même lieu ». Avec ça c'est déjà une exploitation des données en bonne et due forme. La question « qui regarde, et quand » commence à l'instant où les chiffres à comparer deviennent deux.

La force de lire des chiffres alignés croît même en rétrécissant les items. Ce que je regardais souvent sur le terrain en ferme verticale, c'était la proportion de déchets qui sort au parage. Si tu le laisses en « aujourd'hui il y a eu beaucoup de déchets », il ne reste rien, mais du même chiffre se lisent plusieurs facettes : le soin du travail de ce jour, quelque défaut à quelque point du processus de culture, si tu n'as pas trop serré les plants. Même avec un seul chiffre, rien qu'en l'alignant à côté de la largeur du normal et en demandant « pourquoi aujourd'hui c'est haut ? », change l'éventail des leviers que tu peux actionner. Avant un équipement cher, c'est cette façon de lire qui fait plus effet.

Enfin, un traçage de ligne honnête. Ce que l'opération de l'enregistrement à portée de main peut couvrir, c'est le rayon de « te rendre compte d'une différence et pouvoir toi-même agir ». La température différente de d'habitude, une porte qui était ouverte, oublier de fermer l'arrosage : la cause est à l'intérieur de ta propre opération quotidienne, et si la différence se voit tu peux tendre la main et la régler. C'est là que cette méthode fait le plus effet, et de plus c'est plus large que beaucoup ne pensent.

Il n'y a que deux endroits où tu lâches la main. L'un est le mur de la séparation. Quand la différence se voit mais qu'avec l'enregistrement à portée de main tu ne peux pas séparer la cause, et que la manquer par intuition coûte vraiment de l'argent. C'est là pour la première fois que tu ajoutes de la mesure et, si possible, demandes qu'entre un spécialiste qui lit ce genre de données comme métier. L'autre, c'est ce qui touche la capacité électrique, le câblage, les agents chimiques, la structure, c'est-à-dire la sécurité ou l'équipement lui-même. Là, tu n'expérimentes absolument pas avec ta propre mesure. Parce que le prix de l'échec n'est pas « la récolte chute », mais quelque chose d'irrécupérable. Le repère est celui-ci. Si en lisant le

chiffre tu comprends « quoi faire », laisse-le dans ton propre cadre. Si la seule chose que tu comprends en le lisant est « il faut quelqu'un qui en sait plus que moi », c'est là la limite. Et pouvoir te rendre compte tôt de cette limite est, en soi, une des choses que t'enseigne l'habitude de regarder chaque jour.

À noter que si tu te perds de zéro sur quels items aligner et comment, je distribue tels quels les formats d'enregistrement que j'ai utilisés sur le terrain sous « 13 modèles de gestion des opérations sur le terrain ». Plutôt que quelque chose à appliquer exactement, je crois qu'il vaut mieux les regarder comme une liste de contrôle qui éclaire ce qui manque et ce qui est en trop sur ton propre terrain. L'histoire qui approfondit jusqu'au calcul de la valeur optimale et le jugement de réduction des coûts, je la cède à « 172 Astuces ». Quand tu réussiras à changer l'enregistrement à portée de main en mesure, lis-le comme le pas suivant.

Résumé du chapitre 3

- La gestion des opérations sur le terrain se divise en trois couches : lire les plantules, surveiller les chiffres et mettre en ordre les personnes et le travail. Elles s'acquièrent séparément et ce n'est que lorsqu'elles s'emboîtent que le terrain tourne. D'abord mets en tête le mécanisme et la façon de lire, et commence par la couche où tu es bloqué maintenant.
- La planification de la production se monte depuis l'expédition, à rebours. Expédition, culture et main-d'œuvre sont trois horloges de vitesse différente, alors tiens les amortisseurs (coussins) séparément et, la culture seule, bouge-la par anticipation du délai.
- Ce qu'il faut regarder au semis n'est pas le taux de germination, mais l'« homogénéité ». La largeur du démarrage se décide à l'entrée et l'absorber ensuite coûte de l'argent. Pour la dispersion, soupçonne d'abord l'inégalité de température.
- La production de plants est un investissement dans le rendement final. Ne les laisse pas s'étioler ; crée de l'homogénéité par-dessus la taille. Quand les feuilles commencent à se recouvrir, c'est le signal du repiquage.
- L'écartement de plantation de la plantation définitive se décide non par la commodité de planter, mais en le déduisant à rebours depuis l'expédition (la taille visée et le poids vendable, et la facilité de récolte).

- La récolte n'est pas une alternative de « vitesse ou qualité ». Sépare quand couper, comment te déplacer et avec quoi couper, et d'abord nivelle le sol de l'hygiène. Relève le sol par la conception, et à la différence qui reste alors seulement appelle-la savoir-faire.
- Le travail post-récolte est le processus qui décide maintenant l'état où le client ouvre la caisse. Distingue la détérioration par type, et ordonne les leviers opération → consommables → équipement. Le dommage entré en amont, renvoie-le en amont.
- L'intuition d'une personne se peut diviser en trois couches ; la valeur que lit un instrument et le jugement qui se ramifie par conditions se peuvent dissoudre dans le rapport quotidien des temps normaux et remettre. Incline vers les systèmes ce qu'on peut et remets ce qui reste.
- L'hygiène n'est pas « boucher l'entrée », mais « ne pas augmenter, ne pas répandre ». Coupe le foyer (les lieux qui ne sèchent pas) et les porteurs (plantules, trajets), et gère par une circulation normale plutôt qu'en t'appuyant sur la désinfection.
- Pour l'analyse des données, « qui regarde et quand » vient avant un capteur nouveau. Fais de la largeur du normal une mesure et ramasse la sensation d'étrangeté avant l'incident. Le commencement peut être une feuille de papier.

La connaissance qui forme le socle du terrain est désormais, en gros, toute réunie. À partir d'ici, rends solides sur ton propre terrain les bases que tu as apprises, et par-dessus elles construis « comment créer une ferme où reste du bénéfice » ; cette façon concrète de calculer, je la cède à « 172 Astuces pour Améliorer la Rentabilité des Fermes Verticales », compilé avec un accent sur la rentabilité. D'abord, fais que les bases de ce chapitre se familiarisent avec tes propres mains et yeux.

Épilogue

Jusqu'ici, nous avons parcouru d'un bout à l'autre la vue d'ensemble de ce métier qu'est la ferme verticale : de l'avenir du secteur aux fondamentaux de la culture, jusqu'à la pratique sur le terrain. Maintenant que vous avez achevé cette lecture, vous n'êtes plus ce débutant qui se tient sur le terrain sans comprendre ce qui s'y passe. Que vous regardiez les équipements, les chiffres ou la façon dont les gens organisent leur travail, vous devriez désormais avoir une idée approximative de la place que chacune de ces choses occupe dans l'ensemble. Avant tout, accordez-vous le mérite d'être arrivé jusque-là.

Cela dit, je vais être honnête avec vous. Ce livre n'est qu'un socle. Ce que j'y ai écrit ne s'acquiert qu'à moitié par la seule lecture. L'autre moitié ne vient que par la répétition : demain, vous essayez une fois sur le terrain, cela ne se passe pas comme prévu, et vous recommencez. Le savoir ne devient vôtre qu'à partir du moment où vous vous en servez. C'est pourquoi j'ai écrit ce livre non pour qu'il s'achève sur un bureau, mais pour que vous l'emportiez sur le terrain et le couvriez des marques de vos propres mains.

Et lorsque viendra le moment d'aborder, sur ce socle, la question de « comment bâtir une ferme verticale qui dégage un bénéfice », le savoir-faire plus poussé, celui qui touche directement à la rentabilité, je l'ai rassemblé dans l'ouvrage jumeau, « 172 Astuces pour Améliorer la Rentabilité des Fermes Verticales ». Où placer la valeur optimale, comment la mettre en balance avec le coût : c'est précisément ce qui vient après cette ligne que, dans ce livre, j'ai tracée à plusieurs reprises en disant « à partir d'ici, c'est un domaine que l'on affine avec les chiffres de votre propre terrain ». Et si vous constatez que vous ne parvenez pas à tout régler seul, ou que vous aimeriez qu'un regard se pose sur votre propre terrain, nous pouvons aussi travailler ensemble directement dans le cadre de mon accompagnement. Quelle voie prendre, c'est votre propre terrain, tel qu'il est aujourd'hui, qui le décidera pour vous.

Un dernier mot. On dit parfois que la ferme verticale « ne rapporte pas ». Mais moi, après plus de dix ans à veiller sur des légumes-feuilles sur le terrain d'une ferme verticale sous lumière artificielle, je suis convaincu que, selon la manière de s'y prendre, il reste une large marge pour faire mieux. J'ai vu maintes fois une petite amélioration revenir sous la forme d'un écart étonnamment grand. Sur le terrain où vous êtes sur le point de mettre les pieds, il y a aussi, à

coup sûr, de la marge que personne n'a encore touchée. La trouver et la mettre en mouvement : voilà le travail qui commence ici.

Allez, en route. Je vous attends sur le terrain.