



Symposium
« Les pistes innovantes dans le domaine de
l'irrigation »

27 / 28 novembre 2019

Salle Polyvalente de la Région Hauts-de-France

151, avenue du Président Hoover - Lille

Fondation France - Israël

Sommaire

Partie I. Mercredi 27 novembre 2019.....	4
Introduction	4
La recherche agricole en Israël - Aperçu général	4
Hauts-de-France : Agriculture & Eau	5
Session 1: Nouvelles perspectives dans la conception de l'irrigation	5
Nouveaux concepts dans la conception et l'ordonnancement	5
Réponse de la filière pommes de terre au stress hydrique et problèmes de gestion de l'eau dans les Hauts-de-France	6
Divergence de rayonnement sous le couvert végétal dans un vignoble : implications sur l'équilibre énergétique de surface inter-rangées et l'évaporation du sol.....	6
Risques pour la santé résultant de l'utilisation en irrigation d'eau contaminée par des virus, impact des modes d'irrigation	7
Session 2: Optimisation de l'irrigation.....	8
Combinaison entre la demande atmosphérique et l'irrigation basée sur les capteurs	8
Présentation de différents types d'irrigation, de modélisation et d'optimisation dans un contexte de changement climatique	8
L'utilisation de modèles dynamiques culture-sol-atmosphère pour une gestion (sous-) optimale de l'irrigation.....	9
Irrés-LIS®, un outil d'aide à la décision pour l' irrigation	10
Combinaison de sondes de capacité, de capteurs spécifiques et de cartographie du sol pour optimiser l'irrigation et la nutrition	10
Session 3: Irrigation de précision	11
Méthodologies pour faciliter l'adoption à grande échelle d'images thermiques en tant qu'entrée clé de la production si l'irrigation nécessite des cartes	11
Le contenu en eau disponible dans le sol, un paramètre fondamental pour les outils de décision d'irrigation	11
Élaboration de modèles pour estimer la consommation d'eau des cultures à partir de la télédétection et des données météorologiques	12
Partie II. Jeudi 28 novembre 2019.....	13
Introduction.....	13
L'agriculture israélienne - La startup nation à l'épreuve des contraintes agricoles du pays... 13	
Agriculture des Hauts-de-France	14
Intervention des coopératives et des grandes entreprises	14
BIOLINE-INVIVO Group.....	14
EXPANDIS	15
INTERSNACK.....	15
McCain	16

GITEP 80	16
Intervention de 9 sociétés Israéliennes.....	17
Saturas.....	17
Tevatronic	17
Netafim	17
Haïfa Group	18
CropX	18
Ayala	18
AgroScout	19
ConserveWater	19
Rivulis.....	19
Intervention de sociétés et start-up françaises	19
GREENTECH	19
Sencrop	20
Conclusion.....	20

Partie I. Mercredi 27 novembre 2019

Introduction

Mme. Sophie Merlier-Lequette, Conseillère régionale de la Région des Hauts-de-France

Les premiers problèmes de sécheresse en Haut de France apparaissent en 2017 et 2018. Se pose la question de l'allocation de la ressource en eau entre ses utilisateurs (filières agricoles, industriels, particuliers, ...). Le secteur agricole, le plus visible, est aussi le plus décrié alors qu'il ne représente que 3% des prélèvements en eaux.

M. Luc Maurer, Directeur régional de l'alimentation, de l'agriculture et de la forêt Hauts-de-France

Le développement des solutions de gestion de l'eau doit s'appuyer sur la science. Les industriels des Haut-de-France sont très conscients des enjeux liés à l'eau, de laquelle dépend en partie la stabilité de leurs activités. Les agriculteurs sont quant à eux désireux de s'engager avec responsabilité et transparence.

La recherche de solutions doit se faire dans le respect de l'autonomie des agriculteurs qui sont avant tout des chefs d'entreprises. L'approche doit être systémique et tenir compte de la complexité d'une exploitation ainsi que de l'échelle territoriale. Enfin il y a une nécessité de synergie entre acteurs de la filière : agriculteur, industriels jusqu'au consommateur final.

La recherche agricole en Israël – Aperçu général

Dr. Shmuel Assouline, Directeur Associé des Relations Internationales - A.R.O.- Centre Volcani- Israël

Israël est un pays sous contrainte sur le plan agricole : manque d'eau, de terre cultivable et environnement géopolitique complexe. Une large partie de son territoire est semi-désertique. Si le Nord reçoit une forte quantité de pluie (> 1 000 mm/an), 40 km plus au sud de la frontière la moyenne est déjà deux fois plus faible. Les travaux de recherche du **Centre Volcani** sont autofinancés à 100% : les producteurs agricoles (intéressés par les problématiques des maladies et du stockage), les consommateurs (recherchant un produit bon, sain, accessible financièrement, quelque soit la saison). Ces problématiques sont tributaires du changement climatique.

Les innovations produit et de production sont importantes :

- tomates qui séchent sur plan et permettent de ne transporter que 10 % d'eau
- bananes à durée de vie plus longue d'un mois
- pommes de terre qui ne germent pas pendant le stockage (sous atmosphère menthée)
- aspirateur à insectes

Pour avancer dans le partenariat, il faut une structure de co-financement.

Hauts-de-France : Agriculture & Eau

M. Olivier Dager, Président de la Chambre Régionale d'agriculture des Hauts-de-France - France

L'agriculture et sa fonction d'alimentation portent en elles des enjeux de stabilité géopolitique au niveau international. Face au changement climatique, la question de l'eau devient une donnée d'entrée tant à l'échelle mondiale que régionale, dans un contexte d'accident climatique à fréquence et gravité croissantes. Cette ressource garantit désormais la compétitivité économique d'une filière agro-industrielle, tandis que la mondialisation rend possible la délocalisation de l'agriculture comme n'importe quelle autre activité économique. Les Hauts-de-France sont une mosaïque de territoires à proximité d'un bassin de quatre-vingts millions d'habitants dans un rayon de trois cents kilomètres. La continuité de cette activité à l'intérieur des frontières nationales garantit la qualité, la quantité et la régularité des approvisionnements alimentaires.

L'agriculture doit tendre vers une efficacité des usages de l'eau par unité de production. En France, le taux d'utilisation d'eau pour l'agriculture est inférieur à la moyenne européenne mais le taux de réutilisation des eaux usées est lui aussi bien en deçà de la moyenne. Le poids du principe de précaution explique la faible réutilisation des eaux usées. La relative facilité d'accès à l'eau en France freine le développement de bassins de stockage. En l'absence de réelle tension alimentaire, le monde agricole français a du mal à faire entendre sa voix du fait qu'il est peu perçu comme une activité économique d'intérêt. Pourtant, aujourd'hui la balance commerciale agricole française est déficitaire et s'éloigne de ses ambitions d'autonomie et d'indépendance. Les Hauts-de-France sont face à un défi économique, puisque l'agro-industrie est un secteur stratégique pour l'emploi dans cette région.

Session 1: Nouvelles perspectives dans la conception de l'irrigation

Chair: Professeur Bertrand Vandoorne, ISA Lille/Yncréa - France

Nouveaux concepts dans la conception et l'ordonnement

Dr. Shmulik Friedman, Institut des sciences du Sol, de l'Eau, et de l'Environnement, A.R.O.- Centre Volcani - Israël

L'irrigation au goutte-à-goutte exige une approche multimodale. Sur les aspects conceptuels et agronomiques, plusieurs paramètres sont à définir : distance des goutteurs, distance entre les lignes d'irrigation, planification du système. L'objectif de ce projet est d'étudier la distance optimale du goutteur au pied de la plante qui optimise la diffusion de l'eau. Autrement dit quelle quantité d'eau la plante est elle capable (ou a-t-elle besoin) d'absorber en fonction des conditions pédoclimatiques. Le problème de l'absorption de

l'eau est traité par deux paramètres : la texture du sol et la longueur capillaire ou capabilité. Le potentiel d'évaporation est une donnée d'entrée complémentaire disponible grâce aux stations météo.

Réponse de la filière pommes de terre au stress hydrique et problèmes de gestion de l'eau dans les Hauts-de-France

Mrs. Aïcha Ronceux, Agro-Transfert R&T - France

Le sujet porte sur les interactions entre irrigation et les divers éléments de l'itinéraire technique, dans un contexte de changement climatique, la diminution de la quantité des eaux de pluie impactant le confort des plantes. La culture de pomme de terre est souvent irriguée en Hauts-de-France, l'eau agissant à différents stades de son cycle dont la formation du pool de tubercules et le nombre de tubercules ayant un calibre valorisable. Sa culture, habituellement contractualisée, génère des attentes en matière de qualité (teneur en matière sèche, crevasse, forme), quantité (calibre cible), date de livraison. Chacun de ces critères est plus ou moins prévisible par l'usage de l'irrigation et chaque variété de pomme de terre a une réponse variable face à un stress hydrique.

Comment limiter la vulnérabilité de la filière de cette région dans un contexte de restriction d'eau ? Autrement dit, comment l'irrigation interagit avec la plante et le sol pour rendre l'eau disponible à la plante ? L'étude intègre la structure du sol comme paramètre de valorisation de l'eau par la plante. La féculé pousse en sol peu profond, elle est donc facilement impactée par le tassement du sol. Or les conditions de récolte automnales se déroulent en conditions plus ou moins humides ce qui impacte fortement la structure du sol et la campagne suivante. Les résultats révèlent que la profondeur d'enracinement décroît sur un sol tassé et amenuise le réservoir utile. S'y ajoute une baisse qualitative de non-conformité. Si un choix variétal alternatif peut diminuer l'impact du stress hydrique et si l'irrigation peut réduire les effets d'un tassement, elle n'en gomme jamais tout à fait ses conséquences.

Divergence de rayonnement sous le couvert végétal dans un vignoble : implications sur l'équilibre énergétique de surface inter-rangées et l'évaporation du sol

Mme Nurit Agam, Université Ben Gurion - Israël

Le Grapex est une étude sur l'évapotranspiration et l'irrigation des plants de vigne encore en cours en Californie. Cette expérience multi-échelle cherche à développer des outils de gestion de l'eau en viticulture pour améliorer son utilisation, la qualité et le rendement des vignes. Le projet étudie la variabilité de l'irrigation inter-rangées. Il décrit le rayonnement de l'eau atteignant le pied de vigne et comment ceci influence les flux d'eau entre les pieds de vigne. Le rayonnement et le flux de chaleur au-dessus et en dessous de la canopée sont mesurés. L'étude révèle que le rayonnement touchant le sol sur la face Nord d'une rangée de vigne est régulier (faible variance) et très faible en moyenne. En revanche le sol exposé face sud est soumis à un fort rayonnement de très forte variabilité

entre différent moment de la journée. L'expérience permet de savoir où installer le système d'irrigation dans la vigne, dont le positionnement impacte les flux de rayonnement solaire, ce qui permet d'optimiser l'utilisation et la disponibilité en eau pour la vigne.

En conclusion, la variabilité spatiale et temporelle a un impact sur l'ordre de grandeur de l'énergie échangée. L'amélioration de la qualité du vin dépend d'un système très complexe, dans lequel un nombre très important de paramètres doivent être pris en compte.

Risques pour la santé résultant de l'utilisation en irrigation d'eau contaminée par des virus, impact des modes d'irrigation

Dr. Pierre Renault, INRA, UMR 1114 EMMAH - France

L'utilisation des eaux usées pour l'irrigation est sujette au risque de contamination (virus, bactéries, ...) et au risque sanitaire pour les consommateurs. Les virus sont très résistants dans l'environnement et dans les stations d'épuration. Ils ont de plus une capacité de mutation extrêmement forte. D'où une transmission d'homme à homme importante. Parmi les végétaux (en valeur absolue) les légumes à feuille sont le principal vecteur de maladies, suivis des fruits et noix et, seulement après, des mollusques. La présence de virus issus des eaux usées concerne aussi bien les eaux de surface que les zones aquifères, dont les potentiels bassins de captage. La contamination peut intervenir au moment de l'irrigation (eau contaminée) ou après (dispersion par le vent). La capacité d'attachement du virus sur la feuille et son lavage dépend du virus, de la feuille à laquelle il est attaché et du produit de lavage. Au-delà de la présence de virus, il est primordial de considérer son potentiel d'activité qui peut en effet être inactivé par plusieurs leviers dont la nature du sol (pH, présence d'oxyde ou d'hydroxyde métallique). L'internalisation du virus ne varie pas avec le mode d'irrigation (aérien, de surface, enfoui) si l'eau contaminée atteint les racines absorbantes (oignons verts). Des approfondissements sont nécessaires dans les domaines suivants :

- Connaissances supplémentaires sur le sort des virus entériques humains
- Élaboration de modèles systémiques à combiner avec l'évaluation quantitative des risques microbiens (ÉQRM)
- Le développement de nouvelles méthodes et sondes pour la recherche scientifique ainsi que la surveillance en temps réel des contaminations

Session 2: Optimisation de l'irrigation

Chair: Dr. Isabelle Cousin, INRA - France

Combinaison entre la demande atmosphérique et l'irrigation basée sur les capteurs

Dr. Tamir Kamai, Centre Volcani - Israël

Constat : Israël cultive ses amandes avec moitié moins d'eau que les USA pour -20% en rendement. Quel optimum de Pareto faut-il viser pour être compétitif ?

L'optimisation des modèles hydrologiques permet de réaliser plusieurs récoltes de luzerne en une saison (jusqu'à 6 en Californie). Une contrainte est d'avoir un sol sec pour la récolte. Un système d'irrigation au goutte-à-goutte sous la surface et correctement paramétré permet de concilier cette contrainte avec une bonne hydratation de la culture et du sol.

Les besoins en eau des plantes sont complexes, car ils dépendent des conditions atmosphériques (rayonnement, température, vent, précipitations), de l'espèce végétale (couvert végétal, racines et stades de croissance) et du type de sol.

L'irrigation doit être gérée en fonction des besoins des plantes, il faut :

Se concentrer sur l'eau du sol (un réservoir qui se nourrit des précipitations et de l'irrigation)

Gérer l'eau du sol en fonction des besoins des plantes et de la demande atmosphérique

Mesurer l'eau du sol

L'utiliser des outils d'optimisation est nécessaire pour tenir compte de la complexité du système et des interactions et des rétroactions entre le sol, l'eau du sol, la plante et l'atmosphère.

Présentation de différents types d'irrigation, de modélisation et d'optimisation dans un contexte de changement climatique

Dr Bruno Cheviron, IRSTEA, UMR, G-EAU - France

Présentation d'un modèle de calcul du rendement financier et des leviers d'action :

- Modèle de départ intégrant les forçages climatiques (température de l'air, rayonnement solaire, précipitation, ...)
- La température (moteur de la plante) et la pluie (alimentant son réservoir en eau) permettent de calculer le coefficient cultural (variable selon la saison)
- Intégration de l'évaporation et de la transpiration
- Calcul de la réserve en eau du sol
- Détermination de la production de biomasse. Le stress hydrique pénalise l'indice de récolte
- Résultat de la production de biomasse et du rendement agricole estimé de proche en proche
- Equation du rendement financier attendu = coût fixe - coût variable + bénéfice attendu

Chaque terme du modèle prend place à un moment particulier du cycle de la plante, la stratégie culturale anticipée doit permettre de piloter pour maîtriser le cycle financier de l'entreprise. Des paramètres peuvent être ajoutés pour compléter le modèle (quotas, restriction, interdiction). Le raisonnement est fonction de l'échelle adoptée (parcellaire, locale, ou régionale).

L'utilisation de modèles dynamiques culture-sol-atmosphère pour une gestion (sous-) optimale de l'irrigation

Dr. Raphael Linker, Institut de technologie Technion - Israël

Comment les différents modèles de culture et les interactions terre-eau peuvent être utilisés pour optimiser les modèles d'irrigation ? L'itinéraire cultural, les caractéristiques du sol et de la plante doivent être préalablement déterminés (paramètres internes et externes) ainsi que les conditions initiales du modèle. Une fois le modèle fixé, les éléments d'optimisation sont déduits. Leurs ajustements permettront de réaliser le rendement et la qualité attendus. Cette optimisation peut être réalisée efficacement en définissant comme variables de décision les seuils d'irrigation à partir desquels l'irrigation est déclenchée. A chaque instant se pose la question de ce qui doit être optimisé : maximiser le rendement, rendement marginal, efficacité de l'utilisation de l'eau, profit, ... ?

L'objectif peut être de maximiser le rendement quand le seuil d'irrigation est minimal, et il doit alors cibler un optimum acceptable. L'optimisation peut être répétée pendant la saison pour tenir compte de l'imperfection des prévisions météorologiques.

Le modèle peut aussi servir à quantifier la répartition optimale des terres et/ou de l'eau entre plusieurs cultures ou à délimiter des zones de gestion (irrigation par goutte-à-goutte).

Le schéma proposé pour l'optimisation multi-objectifs est inspiré de l'approche en deux étapes explicite. Les principales questions qui restent en suspens sont :

- Quels heuristique/paramètres doivent être utilisés

- Pondérer les résultats selon la probabilité des prévisions

Les modèles sont imparfaits, les mesures sont également imparfaites. Comment concilier les deux ?

- Qui faut-il croire le plus ?
- Comment améliorer la « puissance prédictive » du modèle ?

Irrés-LIS®, un outil d'aide à la décision pour l'irrigation

Mme. Sophie Gendre, agronome ARVALIS - France

Irré-LIS est un outil d'aide à la décision en irrigation permettant de réaliser des bilans hydriques. Il fut développé initialement pour piloter l'irrigation des pommes de terre et concerne aujourd'hui (2019) 35 000 ha de culture (2 500 parcelles). Le système n'envoie pas d'alerte : il permet à l'agriculteur d'identifier visuellement le stock d'eau de ses parcelles. Le modèle, simple et robuste, a pour premier objectif d'être utilisé par les agriculteurs comme une solution de pilotage de leur irrigation. L'outil se base sur les données des sols, des plantes et de la météo spatialisée et son paramétrage est simplifié. Les enjeux du pilotage de l'irrigation sont nombreux : économie d'eau, maîtrise des rendements, amélioration de la qualité, arbitrage inter-parcellaire et inter-cultural pour l'allocation de l'eau. Il existe pour cela deux méthodes complémentaires: (1) des mesures avec utilisation de capteurs d'eau du sol et associées à des règles de décision ; (2) un bilan hydrique qui modélise l'eau disponible dans le sol (modèle Irré-LIS) : $\text{stock d'entrée} + \text{pluie} + \text{irrigation} - \text{évapotranspiration} = \text{stock de sortie}$ (le drainage des racines n'est pas pris en considération). En France, seuls 15% des irrigants utilisent un outil de pilotage. Il existe des barrières à l'adoption des pratiques de management de l'eau. Le territoire possède historiquement beaucoup d'eau ; culturellement et politiquement il y a donc assez peu d'efforts fournis car il n'y a pas de sentiments de nécessité. Les agriculteurs les plus techniques sont les plus au fait du pilotage de l'irrigation.

Combinaison de sondes de capacité, de capteurs spécifiques et de cartographie du sol pour optimiser l'irrigation et la nutrition

M. Serge Escuraing, CoHRIZE - France

CoRHISE propose des solutions pour piloter l'irrigation et la nutrition des plantes dans le but de maximiser les rendements pour un volume d'eau donné. Une cartographie des sols sur quatre horizons (0 à 160 cm), basée sur la conductivité électrique, permet à l'exploitant agricole de collecter des informations sur l'état de la parcelle pour moduler la densité du semis, optimiser la fertilisation, positionner les sondes capacitatives dans les zones les plus pertinentes, dimensionner les équipements d'irrigation. La sonde capacitive AquaCheck mesure la température et l'humidité tous les 10 cm, dans le volume de sol situé le long du profil racinaire efficace de la plante (60 cm). Elle permet aussi le suivi des nitrates. La photographie dynamique rend compte de la consommation en eau des plantes

dans le contexte précis de la parcelle. Il permet à l'agriculteur de déterminer le volume d'eau à apporter pour répondre au plus juste aux besoins de la culture.

Session 3: Irrigation de précision

Chair: Dr. Nurit Agam, Université Ben Gourion - Israël

Méthodologies pour faciliter l'adoption à grande échelle d'images thermiques en tant qu'entrée clé de la production si l'irrigation nécessite des cartes

Dr. Yafit Cohen, Centre Volcani - Israël

Trois approches sont testées pour tenter d'améliorer la pertinence et l'usage des images thermiques. Actuellement il existe des images satellite à faible précision, c'est un système coûteux. D'où le développement d'imagerie par drone avec des caméras. Néanmoins c'est imprécis : ce n'est donc pas une alternative fiable.

1. Augmenter la résolution spatiale en faisant voler des caméras super résolution par avion à 450m d'altitude (contre 110m pour un drone). Frein : elles sont moins documentées sur les images RGB. Avantage : la grande précision permet de voir la répartition spatiale de la réserve en eau, avec un fort potentiel d'amélioration du diagnostic.
2. Ajuster les images thermiques par l'utilisation des images satellite. Technique possible pour les champs de grande taille.
3. Augmenter la couverture des images aériennes thermiques avec un satellite de faible résolution. Contrainte : besoin de de grand terrains sans stress hydrique pour faire des corrélations avec des terrains stressés.

Le contenu en eau disponible dans le sol, un paramètre fondamental pour les outils de décision d'irrigation

Dr. Isabelle Cousin, INRA - France

Le Réservoir Utile en Eau (RUE) ou capacité au champ maximum est la quantité d'eau qu'un sol peut stocker et restituer à la culture. C'est la différence entre un sol saturé et le point de flétrissement permanent. Il peut aussi être défini comme la quantité d'eau réellement utilisée par la culture. Une irrigation bien conduite maximise la RUE. Cette dernière est déterminable avec des fonctions mathématiques de pédotransfert à partir des paramètres du sol (texture, pourcentage de matière organique, densité, ...). Il demeure des incertitudes liées aux conditions du milieu (épaisseur du sol), à la culture et au type de climat. De plus la négligence des éléments grossiers entraîne une imprécision dans

l'évaluation de la RUE et des besoins d'irrigation. Voici une méthode de détermination de la RUE par équation et en laboratoire :

- Prélèvement d'un échantillon du sol ramené en laboratoire
- Mise sous pression de l'eau
- Le point d'équilibre permet de déterminer la teneur en eau

La limite de cette méthode est son imprécision car l'équation est faite pour des modèles globaux.

Élaboration de modèles pour estimer la consommation d'eau des cultures à partir de la télédétection et des données météorologiques

Dr. Offer Rozenstein, Centre Volcani - Israël

L'objectif de la création de modèles mathématiques par culture est d'accroître l'efficacité des ressources en eaux. Il existe des tables de Kc (coefficient de récolte), avec des valeurs pour une à deux semaines, indiquant des références d'évapotranspiration.

Le modèle basé sur le MTCI pour le coton, développé dans un champ, peut être appliqué de manière satisfaisante à un champ différent et à une saison de croissance différente.

Mais il y a des incertitudes qui conduisent à des écarts; de plus une seule valeur ressort pour un champ tandis que celui-ci est hétérogène.

Les orientations pour l'avenir dans l'estimation de Kc à l'aide de la télédétection sont

- le traitement des nuages en combinant les observations optiques, les satellites Sentinelle 2 et Venus
- l'utilisation des Big Data, pour créer des cartographies de référence. (2)

Utilisation de sondes capacitives et de mesures de débit de sève pour évaluer l'efficacité de l'utilisation de l'eau d'une culture de tomates

Prof. Bertrand Vandoorne, ISA Lille/Yncréa - France

Bio4safe est un projet d'intérêt pour des zones européennes touchant les deux mers. Question : Les biostimulants et/ou les capteurs sont-ils capables de réduire la consommation d'eau de 20% par les plantes ? Un biostimulant est une solution favorisant l'acclimatation de la plante dans son environnement en accroissant sa capacité à y prélever des ressources, à les rendre disponibles et à favoriser sa résistance au stress abiotique. On s'intéresse ici à trois espèces d'algues (issue de produits commerciaux, sélectionnés selon les conseils de l'industriel) pour déterminer si elles augmentent la croissance racinaire, permettant à la tomate de mieux prélever l'eau et les nutriments. Cette expérimentation porte uniquement sur la réduction d'eau. L'irrigation se fait au goutte-à-goutte :

- 4 micros parcelles de témoins sans stress
- 1 témoin stressé
- 4 parcelles stressées auxquelles on apporte les biostimulants

Résultat : pendant la nuit la tige croît ; elle s'affine pendant la journée (perte d'eau par évapotranspiration) ; en fin de journée la tige croît de nouveau quand les tomates se ferment. Les biostimulants ne permettent pas à la plante de garder de l'eau. Néanmoins les parcelles témoin ne se détachent pas dans les résultats : le stress était insuffisant ; les parcelles ont été irriguées un peu plus que ce qu'il fallait. Les biostimulants révèlent une réponse positive de la plante face à un stress. Une nouvelle expérimentation devra mieux calibrer les témoins pour des résultats affinés. Le biostimulant n'est pas le seul facteur qui doit permettre de piloter l'irrigation.

Partie II. Jeudi 28 novembre 2019

Introduction

L'agriculture israélienne – La startup nation à l'épreuve des contraintes agricoles du pays

Mme Déborah Modiano **Business France**

La moyenne des précipitations en Israël est de 537 mm par an, concentrées entre décembre et février. Ceci cache une forte disparité puisque deux-tiers de la superficie de l'état sont arides ou semi-arides. Seules 20% des terres sont arables et 93% d'entre elles appartiennent à l'Autorité israélienne des domaines. Le secteur agricole pèse pour 1,2% du PIB et souffre d'une pénurie de main d'œuvre ainsi que d'un environnement géopolitique complexe entraînant une forte distance des marchés d'exportation/importation. Il bénéficie d'un fort investissement en R&D et si la moyenne des aides agricole israélienne est de 17%, légèrement en dessous de la moyenne OCDE, aucune n'est versée directement : le consommateur finance la stratégie de préférence nationale.

Israël est en déficit chronique d'eau : sa consommation est supérieure au renouvellement annuel naturel. Les six dernières années de sécheresse consécutives ont fortement impacté le niveau des réserves. C'est cette configuration défavorable qui conduit Israël à investir le secteur des *WaterTech*. Aujourd'hui ces entreprises détiennent 30-40% du marché mondial de l'irrigation au goutte-à-goutte, Israël est le premier recycleur des eaux usées au monde. Ces entreprises possèdent la plus grande installation de désalinisation de l'eau de mer (technique d'osmose inversée) et transforment l'humidité de l'air en eau potable. Le deuxième domaine d'excellence agronomique concerne la production de semences adaptées aux climats arides et à des espaces réduits : résistance aux maladies ou conditions climatiques difficiles (pomme Ana), variétés de petite taille (tomate cerise, tomate goutte, concombre), sans pépin (poivron Angello). Le troisième domaine d'excellence est l'élevage laitier. Le rendement moyen annuel des vaches Holstein est de 12 000 litres, il est permis notamment par des technologies de gestion des troupeaux et le monitoring de la traite.

De nombreuses sociétés étrangères investissent dans le rachat ou l'investissement d'entreprises israéliennes : International Flavors & Fragrances (7,1 milliards \$), Mexichem (1,5 milliards \$), Pepsico (3,2 milliards \$), Roquette (4 millions \$), Neovia (1,5 millions \$).

Agriculture des Hauts-de-France

M. Emmanuel du Tertre, Chambre d'agriculture de la Somme, France

L'agriculture dans les Hauts-de-France représente 2,1 millions d'ha pour 27 400 exploitations, ayant une surface en moyenne plus importante que le reste du pays. Les productions françaises typiques de la région sont le blé, la betterave sucrière, la pomme de terre, les légumes de plein champs et la production laitière. Les céréales y couvrent plus de 50% SAU ; il s'agit de la première région productrice de pommes de terre (culture irriguée à plus de 50%) ; et le tiers des légumes français y sont produits. 57 000 ha de culture sont irrigués principalement par canon arroseur. D'assez nombreux opérateurs amont et aval maillent le territoire, ils sont organisés autour des réseaux d'infrastructures. La filière agricole est le premier employeur de la région grâce à la filière aval, intégralement présente sur le territoire, qui rassemble des établissements de types industriels, négoce et organismes de collecte. Sur le plan hydrogéologique, la craie est présente sur 75 à 80% de la région. Elle offre un réservoir en eau très important dès lors que les pluies hivernales sont suffisantes pour recharger la nappe phréatique. La consommation en eau est de 640 millions de litres dont 540 proviennent des réserves souterraines. Le complément est fourni par les eaux de surface, utilisées surtout par les industriels du Nord.

Dans un contexte de déficit des recharges hivernales depuis 2-3 années et d'un besoin d'accroître la production agricole en volume, la région et les industriels recherchent des pistes pour la gestion de l'eau et l'irrigation sur le territoire. Le champ des questions est vaste. Faut-il changer de système ? Quels seraient alors les impacts auprès des agriculteurs des Haut-de-France (investissement financier et compétitivité, savoir-faire technique et technologie, autonomie et interdépendance). Quelle place donner aux outils d'aide à la décision et à l'automatisation ? Quelles sont les alternatives possibles pour le stockage de l'eau (hors saison, recyclage, recharge des nappes dans les secteurs sensibles) ?

Intervention des coopératives et des grandes entreprises

BIOLINE-INVIVO Group

Bioline est la branche agricole d'INVIVO, union de coopératives agricoles françaises. Son cœur de métier est de permettre à son réseau de deux cents coopératives françaises de fournir des produits et des services à l'ensemble de leurs adhérents (300 000 exploitations) : semences, bio-solutions, engrais, produits phytosanitaires, logistique et stockage, consulting agricole, digital, agriculture de précision. Bioline a pour projet de co-construire pour ses adhérents des conseils et des innovations techniques en irrigation, dans le but d'assister et d'apporter un gain d'efficacité et de compétitivité aux agriculteurs français. L'objectif est de proposer au consommateur final de la filière agricole un produit de qualité, axé sur ses attentes. Il s'agit d'un virage puisque c'est ce dernier qui désormais oriente le marché, avec des objectifs nouveaux et différents que ceux de la grande distribution. Le défi de Bioline est de faire remonter les attentes de l'aval de la filière (le consommateur, le citoyen et le client) jusqu'à l'amont, pour recréer et dynamiser la chaîne de valeur et que les agriculteurs soient rémunérés de leur contribution. Pour y

parvenir, Bioline source les meilleures offres de produits-services pour trouver les bons partenaires et ainsi améliorer les pratiques sur des champs technologiques tel que le bio control, les biostimulants, l'agriculture de précision incluant l'irrigation (échelle parcellaire ou intra parcellaire).

EXPANDIS

Expandis est une union de coopératives agricoles, basées à Marché (02). Elle approvisionne, sous contrats, des industries agro-alimentaires en pommes de terre et légumes. Elle procure aussi des services à ses clients que des producteurs seuls ne peuvent fournir : logistique, lavage-calibrage, conseils, laboratoire. Les sols de la région principalement sableux ont une faible réserve hydrique. Volumes et qualité sont donc garantis grâce à l'irrigation de 90% des surfaces et les moyens de production maîtrisés assurent un coût réduit pour le consommateur. Mais le monde agricole français fait face à une forte critique de la société, par le biais des médias, sur des sujets très divers : réchauffement climatique, émission de CO2 et de gaz à effet de serre, bien-être animal, usage de produits phytosanitaires, ... L'agriculture peut répondre aux attentes sociétales en adaptant ses pratiques : réduction des intrants, modification des techniques culturales, création variétale et absence d'OGM. Sur le sujet de la gestion de l'eau des projets sont déjà en œuvre : Qualtec, Eauption, utilisation dans l'Aisne d'un modèle prédictif de l'évolution de la ressource en eau. Toutes ces évolutions doivent rester rentables mais le sentiment des professionnels est que la réglementation va plus vite que les méthodes alternatives, au risque que la productivité et la qualité se détériorent.

INTERSNACK

Intersnack est une entreprise familiale allemande dont le siège est situé à Düsseldorf. L'entreprise a trois productions principales : snacks salés, graines pour apéritif, chips. Elle possède plus de 30 usines en France, dont 15 pour les chips. Elle s'appuie sur des marques nationales pour commercialiser sa production auprès de la grande distribution. L'obtention d'un contrat fournisseur est conditionnée à la capacité d'irrigation de l'exploitant. En effet, un approvisionnement constant en pomme de terre est un levier critique pour la rentabilité d'une l'usine. Le contexte agronomique n'est pas à une pénurie en eau mais à des limites dans le pilotage de cette ressource. Faut-il irriguer toutes les cultures ou seulement certaines à l'exclusion d'autres, et dans ce cas comment arbitrer ? L'acheminement de l'eau jusqu'au champ présente aussi des défaillances. Elle est responsable de perte allant de 10 à 15%. Enfin, assez peu d'agriculteurs sont équipés d'outil d'aide à la décision sur la quantité d'eau à utiliser et la cadence optimale de l'irrigation. Quels sont les leviers pour un changement des pratiques chez les agriculteurs ? La pédagogie, la formation et les démarches d'intégration sont des pistes.

McCain

Entreprise canadienne fondée par deux frères, McCain est leader dans le processus de fabrication des frites. Neuf usines de transformation en Europe (France 3, Belgique 2, Pays-Bas 2, Pologne 1) approvisionnent les trois marchés sur lesquels l'entreprise est positionnée : les restaurants (son activité historique), le commerce de détail, et la restauration rapide (fournisseur de Mc Donald). En France ce sont 900 producteurs (18 000 ha) qui sont sous contrat, dont deux-tiers sont partenaires depuis plus de 10 ans et 47% depuis plus de 20 ans. Une équipe de huit agents de plaine est en charge du management des approvisionnements (contrat, suivi des cultures, état des stocks, accompagnement technique) et trois agronomes constituent un support technique en back-up. Un tiers des surfaces est irrigué : cela est stratégique pour certaines productions et nécessaire dans certaines zones. McCain promeut auprès de ses fournisseurs des outils d'aide à la décision pour qu'ils pilotent leur irrigation (Irré-LIS, IRRINOV) ainsi que la sonde connectée Weenat d'ARVALIS. Malgré cela, seulement 55% des irrigants déclarent utiliser un OAD. Face au changement climatique, McCain se demande comment piloter la ressource en eau pour sécuriser les besoins en approvisionnements très importants et maintenir les partenariats historiques avec ses agriculteurs :

- Quelles politiques de stockage (eau hivernale) et d'accès à l'eau envisager ?
- Faut-il rendre obligatoire l'utilisation des OAD ?
- Les références de pomme de terre sont-elles toujours d'actualité ; comment évaluer et utiliser la réponse variétale pour une efficacité de l'eau dans un contexte restrictif ?
- Comment adapter la conduite pédoclimatique des parcelles, avec quel niveau d'équipements et quelles technologies ?
- Quel est l'intérêt du goutte-à-goutte et de la fertigation dans des territoires qui s'assèchent ?
- Comment piloter intelligemment des équipements en fonction des prévisions météorologiques et de l'état de la plante ?

L'irrigation ne peut être un palliatif pour l'agronomie. Elle doit s'inscrire dans un traitement durable et intelligent de la parcelle.

GITEP 80

GITEP 80 est le Groupement d'Intérêt Technique et Economique de la Pomme de terre. Il a conduit des essais sur une vingtaine de variétés de pomme de terre (consommation ou industrie, à précocité variée) pour tester leur tolérance au stress hydrique. Si certaines ont bien réagi, d'autres ont très vite décroché face au manque d'eau. Il faut souligner que le choix de la variété cultivée est souvent imposé par l'industriel. L'usage d'un OAD dans le pilotage de l'irrigation n'est pas une pratique courante au sein du groupement. Sur les 110 adhérents, 40 ont un compte sur l'OAD Irré-LYS mais seul 20 l'utilisent. Deux techniques d'irrigation coexistent chez les adhérents : irrigation au canon ou au goutte-à-goutte. Il n'y a pas eu d'étude en interne sur l'efficacité d'un système par rapport à l'autre ; le choix se fait sur le confort d'utilisation.

Intervention de 9 sociétés Israéliennes

Saturas

Saturas a développé un système d'aide à la décision pour piloter l'irrigation arboricole. Il est basé sur un capteur connecté miniature intégré au tronc pour en mesurer le gradient de potentiel hydrique. Déjà présent en Israël, en Californie et en Espagne, il est utilisé pour les cultures de pommes, d'amandes, d'agrumes, de vigne, de poires, d'avocats et de pruneaux. Il permet de réduire et d'optimiser la quantité d'eau apportée à la culture (- 50%) pour maximiser les rendements en qualité et quantité (+ 30%) et réaliser des économies en eau et énergie. Un gel polymère recouvre le capteur pour qu'il ne soit pas rejeté par la plante. Le test fonctionne depuis deux ans et est reconduit pour la troisième année.

Tevatronic

Tevatronic propose un système autonome d'irrigation basé sur un tensiomètre connecté planté dans le sol qui contrôle la disponibilité de l'eau pour la plante. Lorsque que la tension mesurée par l'ensemble des capteurs est trop forte pour que la plante puisse pomper l'eau, ils émettent un signal au moniteur central qui ouvre les vannes et active l'irrigation. L'ordinateur calcule de façon autonome la quantité d'eau à apporter jour par jour, en fonction des besoins de la culture et de l'état du sol. La quantité d'eau apportée est mesurée par les sondes et lorsqu'elle est suffisante, un nouveau signal ordonne l'arrêt de l'irrigation, sans aucune intervention humaine. Ce système pilote aussi la fertigation. Il permet des économies en eau et optimise les rendements.

Netafim

Netafim est leader mondial dans le domaine de l'irrigation avec 30% des parts de marché pour un milliard de dollars de chiffres d'affaires. Dans le domaine agricole, l'entreprise propose des solutions d'irrigation de précision connectées pour les grandes cultures (pomme de terre, maïs) et le maraichage mais aussi l'arboriculture, la viticulture et les cultures sous serre. Ses produits et services permettent l'installation intégrale d'un système d'irrigation ou de fertigation autonome : arroseurs et micro asperseur, goutteurs et lignes de goutteurs enterré ou en surface, tuyaux flexibles et raccords, vannes et filtres. Associé à de nombreux capteurs (stations météorologiques, capteurs du système d'irrigation, de la culture et de l'humidité du sol) Netafim permet de piloter de façon automatisée l'irrigation d'une exploitation.

Haïfa Group

Haifa est une multinationale fournissant des engrais spécialisés de nitrate de potassium, des nutriments spéciaux pour les plantes et des produits chimiques industriels. Elle dispose de sites de production en Israël, France, USA et Canada, de trois terminaux-logistiques et de 121 magasins de dépôt lui permettant de servir ses clients en très peu temps. Ses solutions de fertigation et nutrigation satisfont en bonne quantité et au bon moment les besoins de la plante, optimisant ainsi l'application des fertilisants et réduisant au maximum les pertes dans l'environnement. Haïfa Group travaille depuis plus de trente ans sur les cultures de pomme de terre.

CropX

Fondé il y a cinq ans, CropX propose une solution intégrée logiciel & matériel connectée. Elle accompagne le chef d'exploitation dans le pilotage de sa stratégie d'irrigation, de fertilisation azotée et la lutte préventive contre les ravageurs, bien avant que la plante ne soit impactée par un stress. Elle se base sur un algorithme prédictif (intégrant les données pédologiques, de nombreux modèles de cultures et les informations de milliers de stations météo), l'analyse d'images satellites de la parcelle et des capteurs sans fil qui y sont disséminés pour fournir des recommandations adaptées au stade de la culture afin et maximiser les rendements. Les sondes sont très simples d'utilisation. Une fois placées dans le champ, le calibrage est automatique, sans câble et sans modem pour transmettre les données à la plateforme web (déplacement de l'eau dans la zone racinaire, humidité, température, ...). Des économies de 40% d'eau et une croissance de 10% des rendements sont relevés.

Ayala

Créé en 1989, Ayala développe des solutions innovantes naturelles et écologiques pour le traitement des eaux usées ou polluées (exploitation laitière, hydrocarbures, lixiviats des décharges, produits pharmaceutiques et hormones, aquaculture, ...) et le rééquilibrage des bassins versants. Le système, utilisant des ressources naturelles sans ajouts de produits chimiques, est implanté directement à la source d'eau polluée ou entre celle-ci et le lieu d'acheminement de l'eau, pour un coût d'installation, d'exploitation et énergétique réduit. Il est conçu pour fonctionner sans intervention humaine ou mécanique dans la mesure du possible et est adapté à la typologie du terrain, à l'origine de la pollution et à la destination finale de l'eau. L'eau purifiée peut ensuite recharger des nappes phréatiques, irriguer des cultures, ... Ayala est déjà présent en France, Inde, Israël, Mexique et Grèce.

AgroScout

AgroScout a développé un système de dépistage autonome des maladies des cultures de plein champ pour permettre au chef d'exploitation d'agir rapidement et efficacement lors de la survenance d'un ravageur. Un drone collecte des images de la parcelle (vingt minutes permettent d'échantillonner 20 000 plantes). L'algorithme d'AgroScout se base sur l'intelligence artificielle et l'apprentissage pour détecter et identifier 99% des situations anormales dans le champ et pour la plante. Le système existe pour le blé, la pomme de terre et le soja. Il très facile d'utilisation : d'un simple bouton l'agriculteur active le drone qui effectue son plan de vol. Puis les images sont traitées par l'algorithme qui délivre des recommandations de traitement si cela est nécessaire.

ConserveWater

ConserveWater est une entreprise de logiciel spécialisée dans l'intelligence artificielle et l'apprentissage, au service d'un meilleur usage des ressources agronomiques (eau, azote, phosphore). A partir des données collectées par des centaines de satellites, le logiciel détermine les prévisions météorologiques et établit des cartographies pour prévoir le climat à l'échelle de la parcelle. Jours après jours l'agriculteur peut suivre l'évolution de l'humidité des deux premiers mètres de son champ, horizon par horizon. Ce niveau de précision permet de piloter la fertilisation des sols pour que chaque intervention apporte la quantité optimale d'eau, d'azote et de phosphore. Pour être plus efficient, le système peut être couplé à un contrôleur de maladie, en partenariat avec des entreprises tierces.

Rivulis

Rivulis est spécialisé depuis 1966 dans les solutions de micro-irrigation et de fertigation qui améliorent l'efficacité de l'eau. L'arrosage localisé apporte l'eau au plus près des racines de la plantes pour lui fournir les nutriments dont elle a besoin. Cette solution permet des économies d'eau, de carburant et d'heures de travail mécanique ; elle limite de développement de maladie sur la feuille et d'adventices en ciblant le dépôt de l'eau près de la plante. Rivulis développe des produits permettant d'installer un système de pilotage complet de l'irrigation : gaines et tuyaux goutte-à-goutte (parois fines, autorégulant), goutteurs ; matériel de micro-aspersion, de filtration et de fertigation ; vannes et raccords.

Intervention de sociétés et start-up françaises

GREENTECH

GREENTECH est une entreprise de biotechnologie végétale développant pour la cosmétique, la pharmacie et la nutraceutique des ingrédients actifs issus des mondes

végétaux, marins et microbiens. En 2000, GREENTECH crée la société BIOVITIS, qui développe, produit et commercialise des micro-organismes et des dérivés microbiens d'intérêt agronomique, environnemental et alimentaire. Elle dispose d'une souchothèque de plus de cinq cents champignons & bactéries qui lui permet de formuler des biostimulants. Les applications agronomiques sont nombreuses : contrôle de la fertilisation, amélioration de la microflore du sol, diminution des organismes nocifs pour les cultures, contrôle de la stabilité des déchets et amélioration du confort et de la santé des animaux. Ces solutions augmentent la résistance au stress abiotique, améliorent le développement des plantes et de leur système racinaire en facilitant leur accès à l'eau et aux minéraux.

Sencrop

Fondé à Lille il y a trois ans, Sencrop propose une station agro-météo connectée et une plateforme de partage de données agronomiques alimentée par la communauté des agriculteurs pour les aider à prendre les meilleures décisions au meilleur moment. La station mesure sur la parcelle la pluviométrie, la température et l'hygrométrie de l'air, la direction du vent et ses rafales, l'ensoleillement, la tension du sol. L'application permet d'agréger et de comparer les données historiques de la parcelle pour comparer les évolutions intra et inter parcellaire. Grâce à un meilleur suivi cultural, l'agriculteur gagne en temps et en précision, améliore ses rendements et son confort de travail.

Conclusion

Suite à trois années de sécheresse et dans un contexte de changement climatique, anticiper et sécuriser l'approvisionnement en eau est un levier stratégique pour garantir la qualité, la quantité et la compétitivité de la filière agro-industrielle des Hauts-de-France. Israël ayant une très grande expérience pour ces questions peut devenir un partenaire idéal pour relever ces défis.