

Projet soutenu par :



Le projet bénéficie également du soutien de :



Étude de l'effet des haies sur les grandes cultures et apports de l'imagerie aérienne pour approcher les effets microclimatiques



Intervenants : Ambroise Martin-Chave et Camille Béral - SCOP AGROOF

Webinaire n°6 9 mars 2023

Partenaires du projet :



UNIVERSITÉ
CAEN
NORMANDIE



- SCOP AGROOF, Bureau d'étude spécialisé en agroforesterie
- R&D
- Formation
- Ingénierie de projet



Ambroise Martin-Chave –
Chargé de recherche

martin-chave@agroof.net



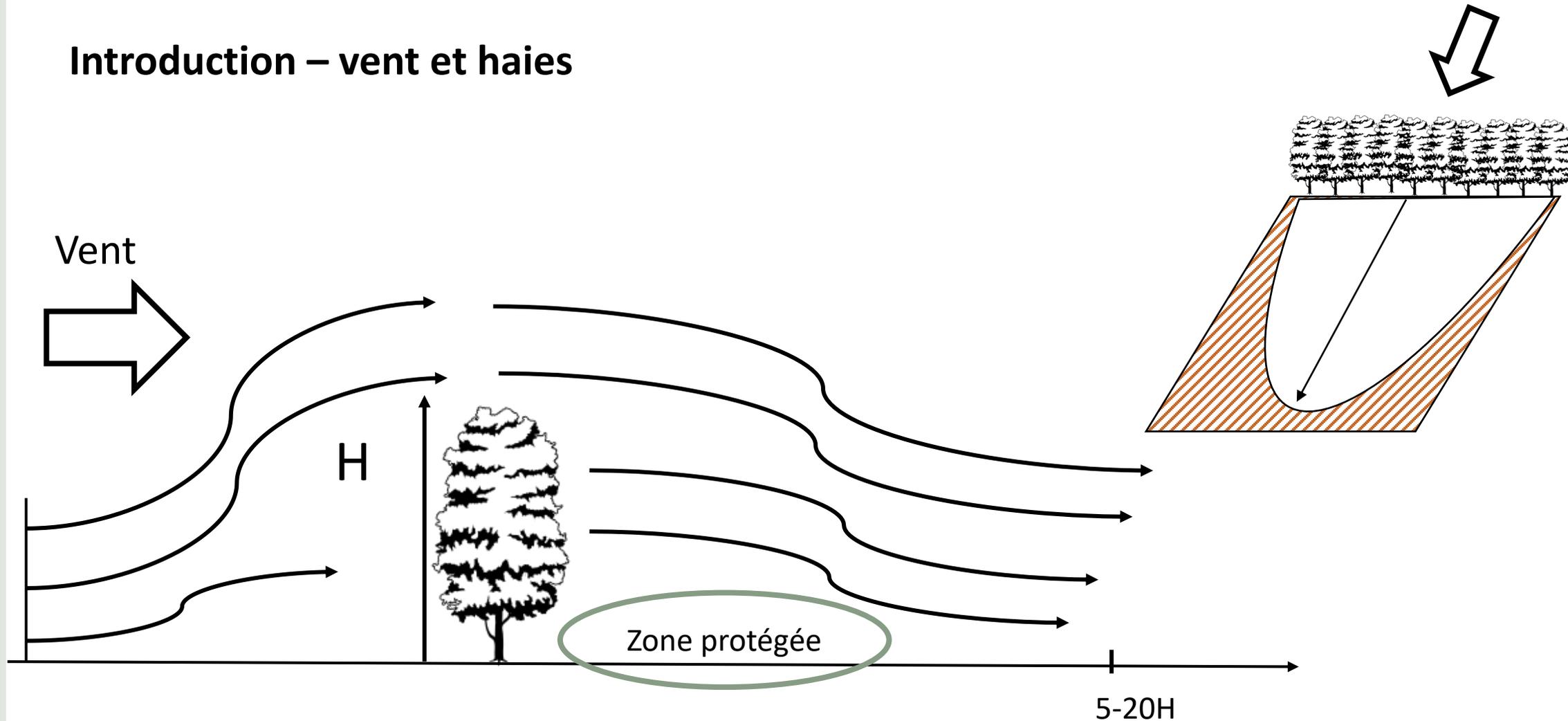
Camille Béral – Chargée de
recherche

beral@agroof.net

Objectifs

- Connaissances de l'effet des haies ?
- Méthodes d'études existantes ?
- Quelle démarche généralisable ?

Introduction – vent et haies



Les haies protègent des vents de 5 à 15 H selon leur porosité, en déplaçant le flux d'air vers le haut

Rugosité paysagère



Loiret

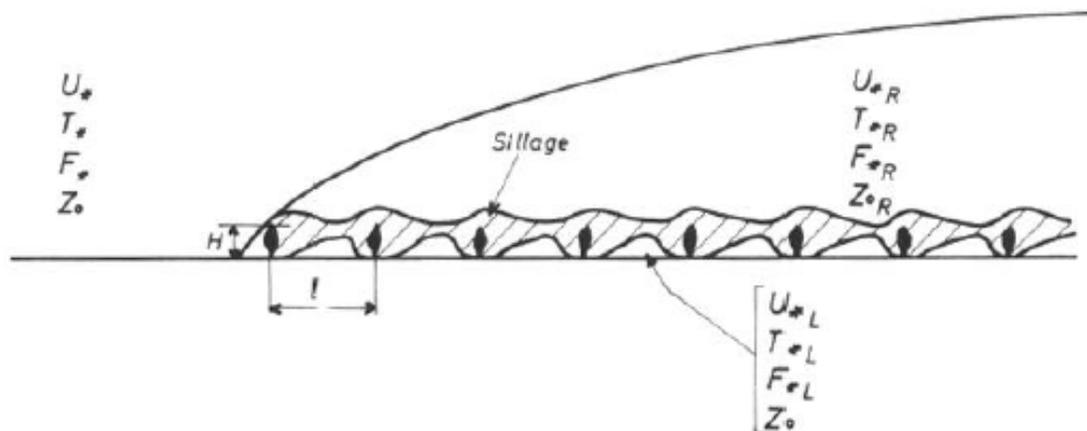
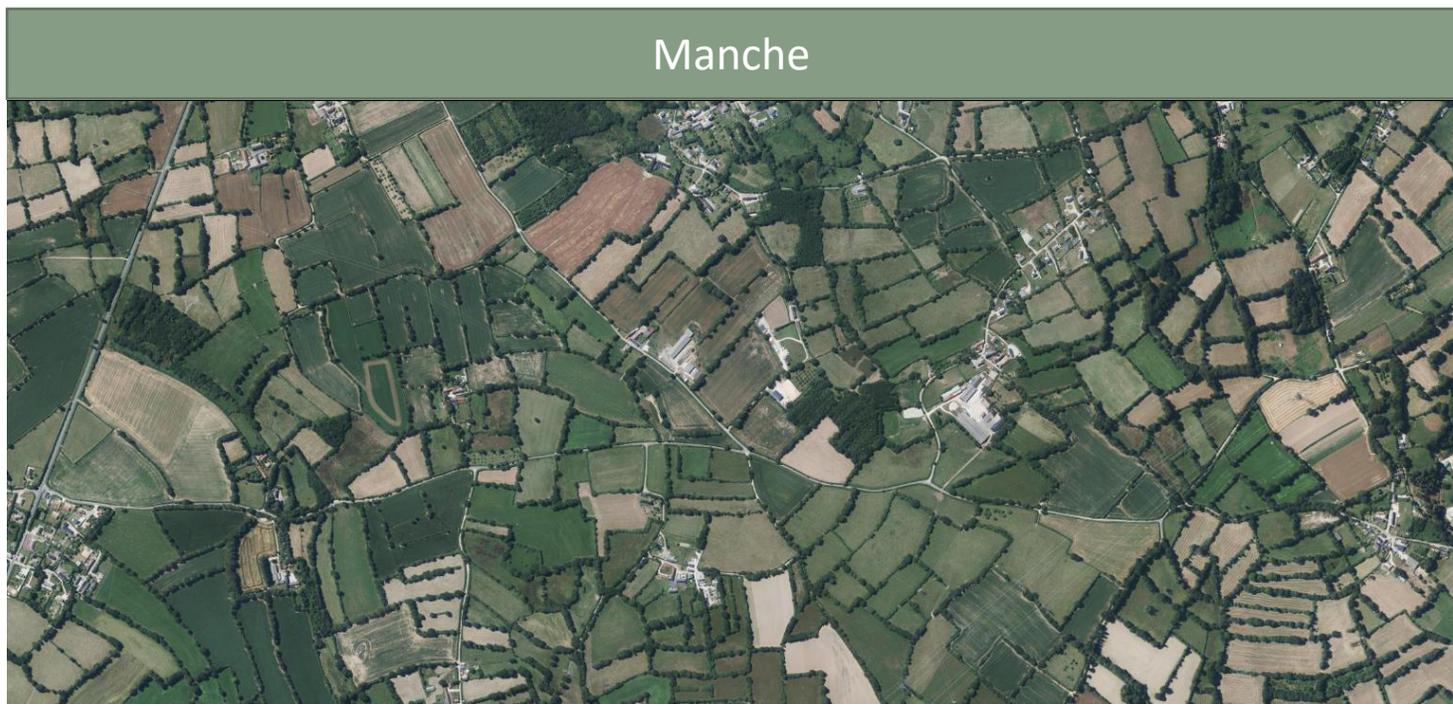
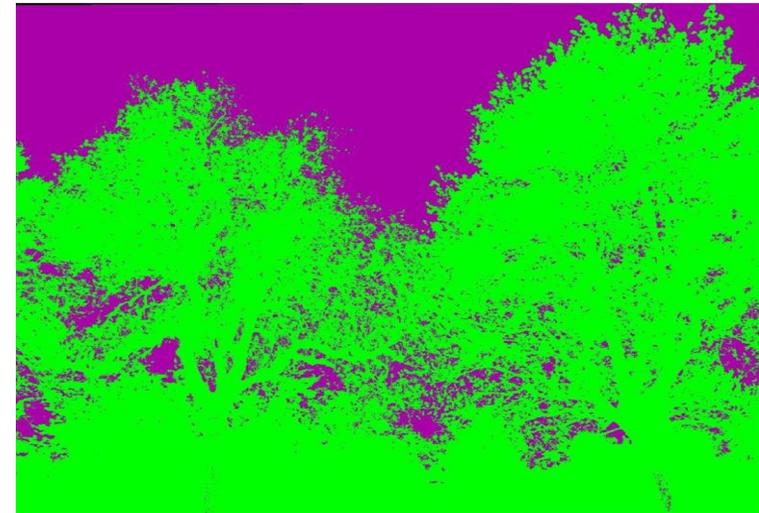


FIG. 1. — Représentation schématique de l'influence d'un aménagement régional sur l'écoulement de l'air.

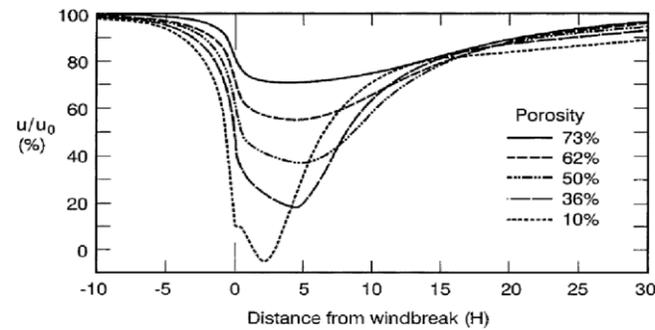
Source : G. Guyot



Manche



POROSITE

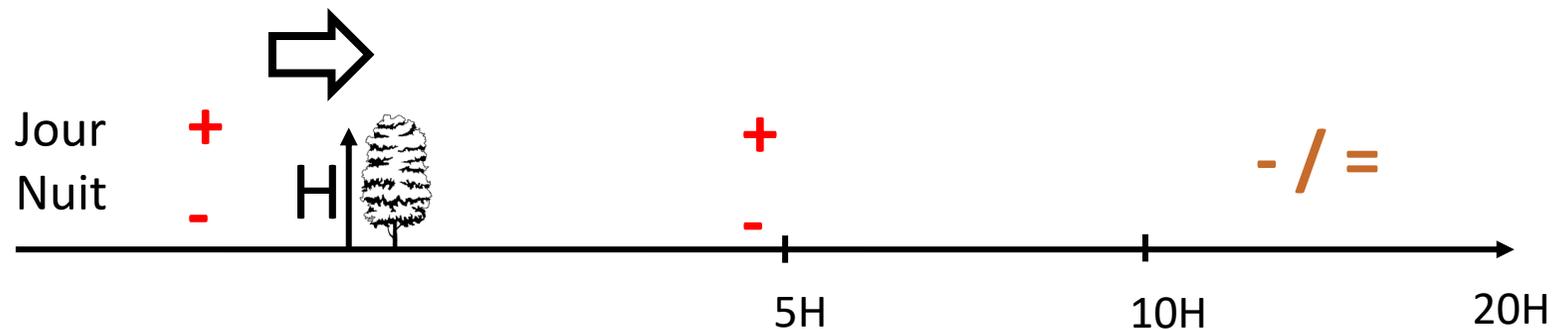


Haies et microclimat

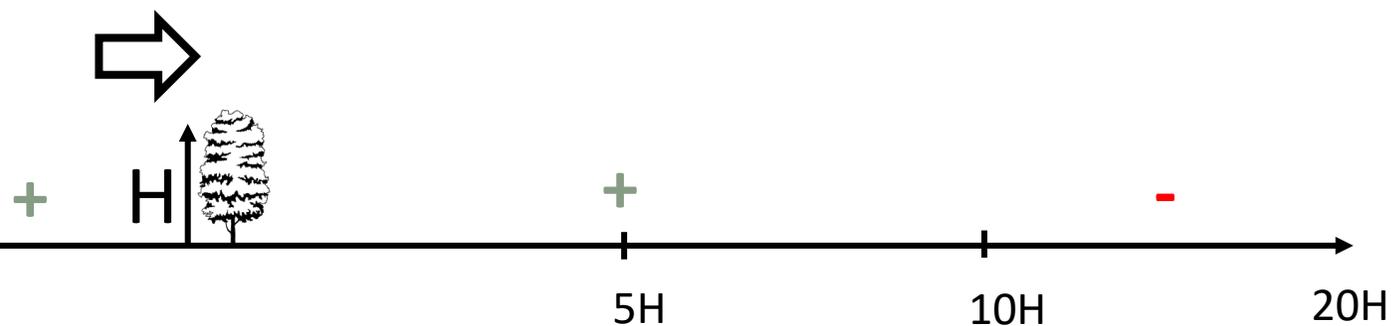
Dans les zones abritées, la température de l'air est augmentée en journée et diminuée la nuit

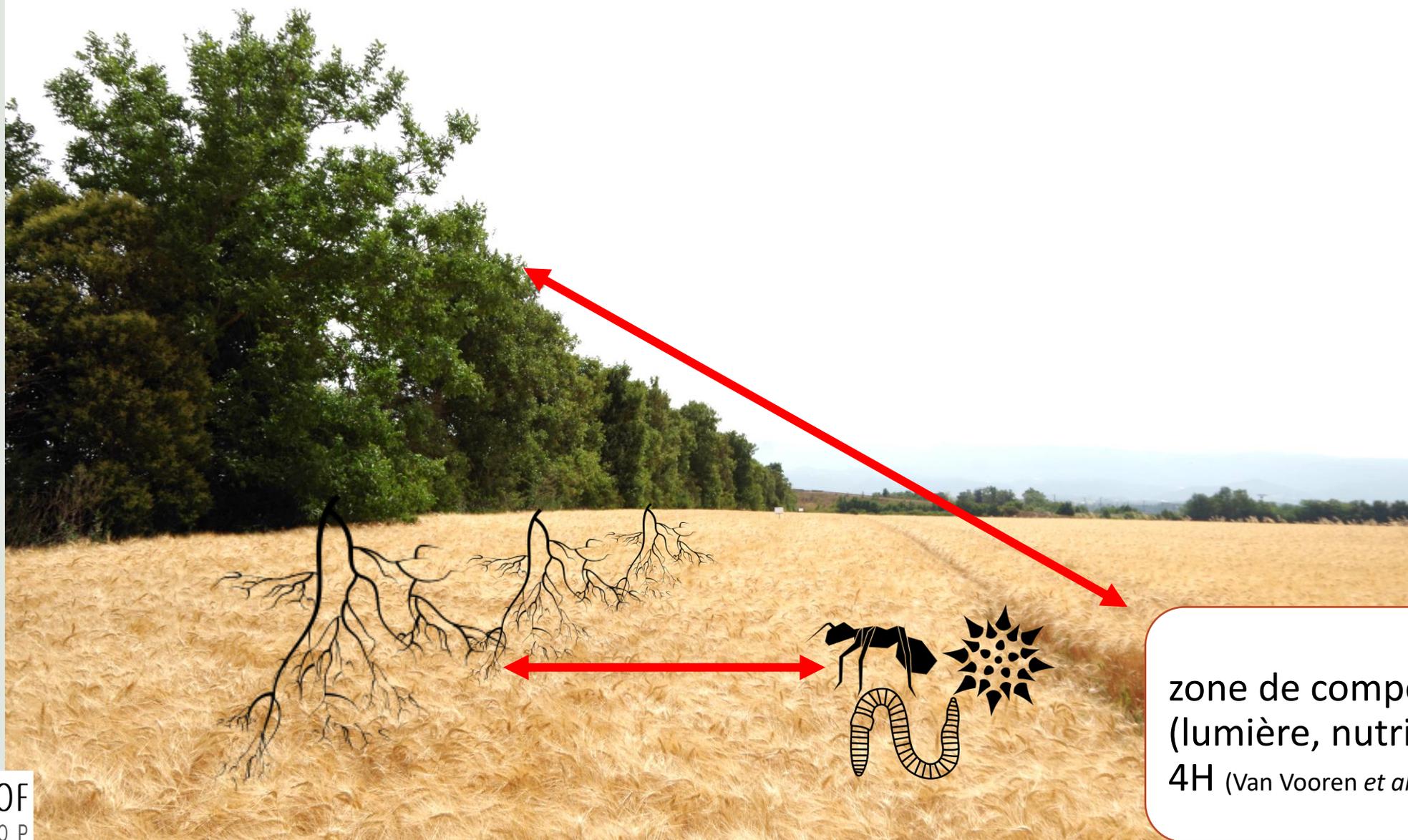
L'humidité du sol serait globalement augmentée : moins de transpiration la nuit

T°C

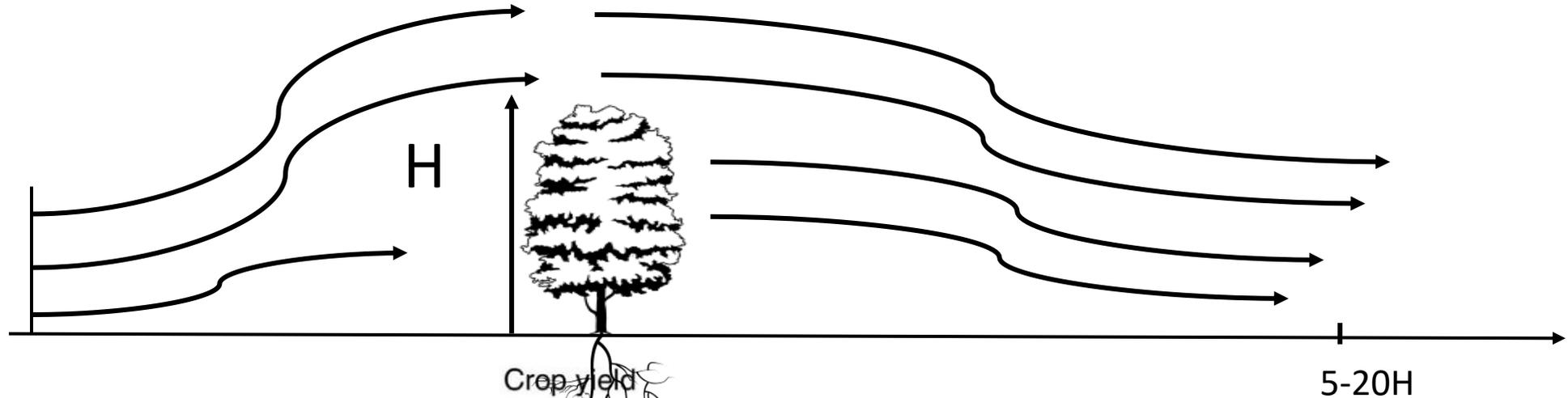


Humidité sol

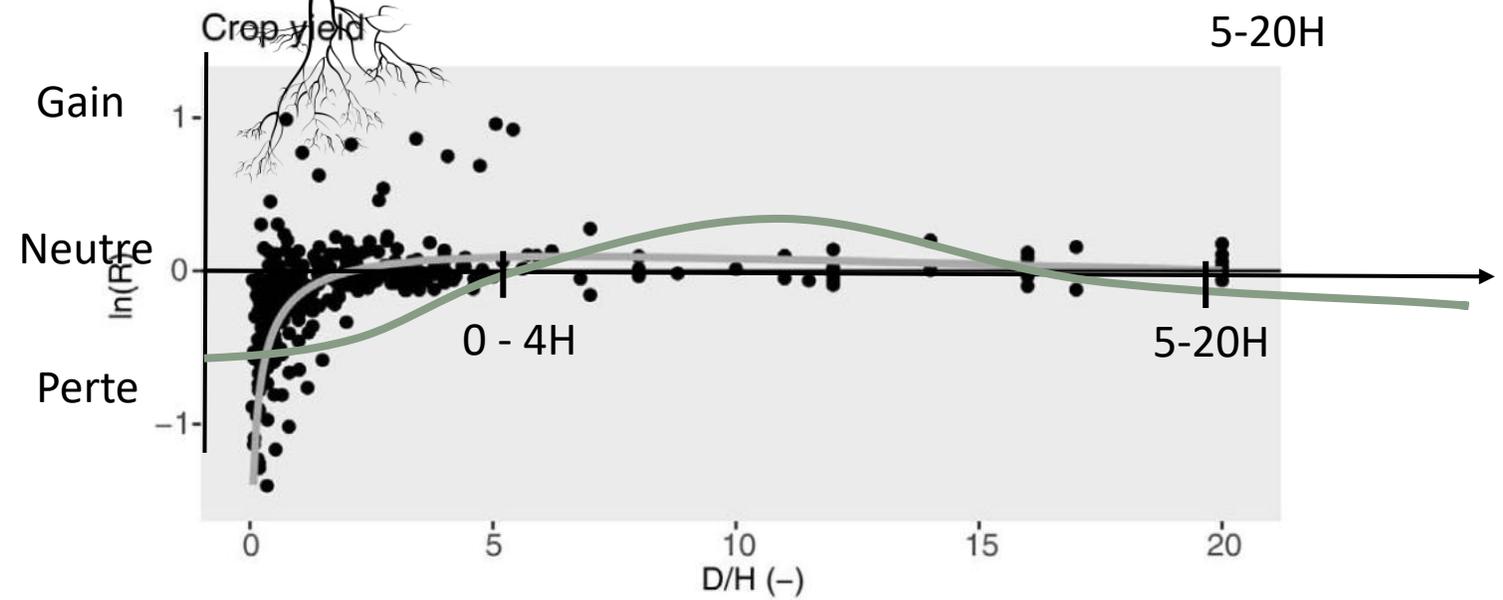




Grandes cultures et vents #1



Rendement potentiel



Contents lists available at ScienceDirect

Agriculture, Ecosystems and Environment

journal homepage: www.elsevier.com/locate/agee

Grandes cultures et vents #2

Table 2. Effects of windbreaks on crop yields reported from 1985^a to 1995.

∞

Author	Crop	Windbreak	Country	Effect on yield (% increase over control)	Comments
Barker et al., 1985	Cotton	Artificial, snow fence	USA	Unspecified yield increase	Also earlier squaring and boll set
Ben Salah et al., 1989	Faba bean	Cupressus, Acacia 8 m	Tunisia	3 to 17% seed yield 6 to 39% pod yield	Greatest increase at 10H
Benzarti, 1989	Trifolium forage	Cupressus, Acacia 8 m	Tunisia	Enhanced dry matter yields only within 7H	
Bicknell, 1991	Lupins oats	Pinus radiata	Australia, WA, Esperence	27–30% net yield over crop area 0–10% net yield over crop area	19–22% net lupin yield when area under trees considered
Bulir, 1992	Winter wheat	Acer spp Populus sp + shrubs; 17.5m wide 15m high	Czechoslovakia	10% overall 20% in 2–7H zone –4% close to belt 3.8% 1000 grain weight	300m protected zone
Burke, 1991	Wheat oats	Mixed eucalypt 15 m wide	Australia, Vic Rutherglen	20–25% 47%	Different yields behind N-S and E-W windbreaks
Chaput and Tuskan, 1990	Maize	Fraxinus Ulmus	North Dakota, USA	20–35%	Measured between 1–10H
Ghulam et al., 1990	Wheat	4 yr old, 11 m Redgum, Mulberry, Leucaena, Prosopis	Pakistan	No significant effect out to 12m, except for competition close to trees	All measurements within 1–2H
Hough and Cooper, 1988	Spring and winter barley; winter wheat	Artificial	NE England	Unspecified yield increase	In seasons with windy dry weather during tillering and stem extension phases; negligible effect in wet season
Huxley, 1994	Maize	Grevillea robusta	Kenya	Up to 50%	Measured over whole plot between 50 m × 50 m Grevillea robusta hedges



Fig. 2 Wheat choropleth yield map (kg ha⁻¹) in Mitchell County, KS, 2011



0 110 220 440 Meters

0 - 3,632
 3,699 - 3,766
 3,833
 3,900 - 3,968



GIS approach to estimate windbreak crop yield effects in Kansas–Nebraska

Raúl J. Osorio · Charles J. Barden · Ignacio A. Ciampitti

Table 1 Significant differences (frequency %) by crop for both yield increase and decreases due to windbreak effect, number of significantly different crop field/years and the number of crop field/years analyzed

Crop	Yield increase (%)	Yield decrease (%)	Significantly different crop field/years	Total of crop field/years analyzed	Field avg. size increase (ha)	Field avg. size decrease (ha)
Soybeans	46	23	38	57	28.7	25.3
Wheat	30	20	22	44	28.7	27.5
Total			60	101		

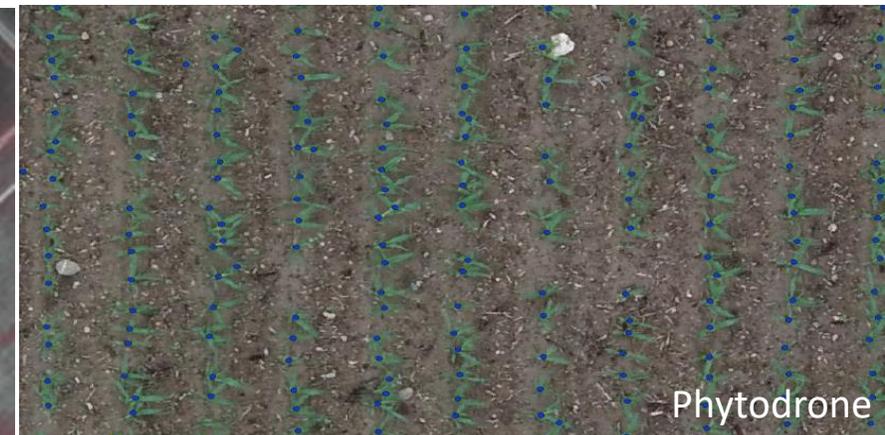
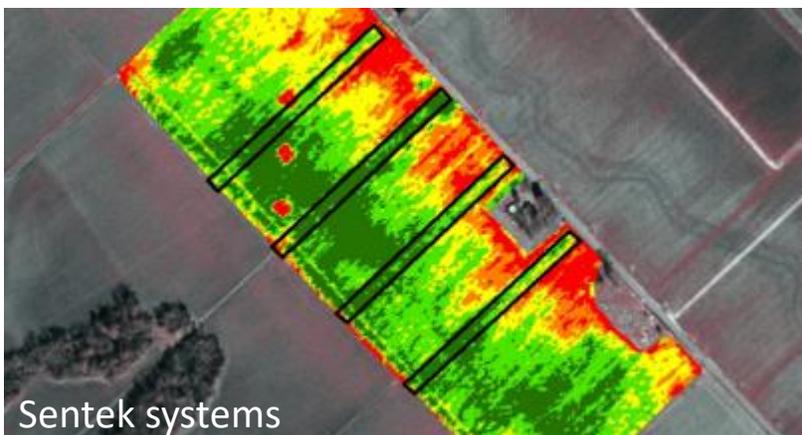
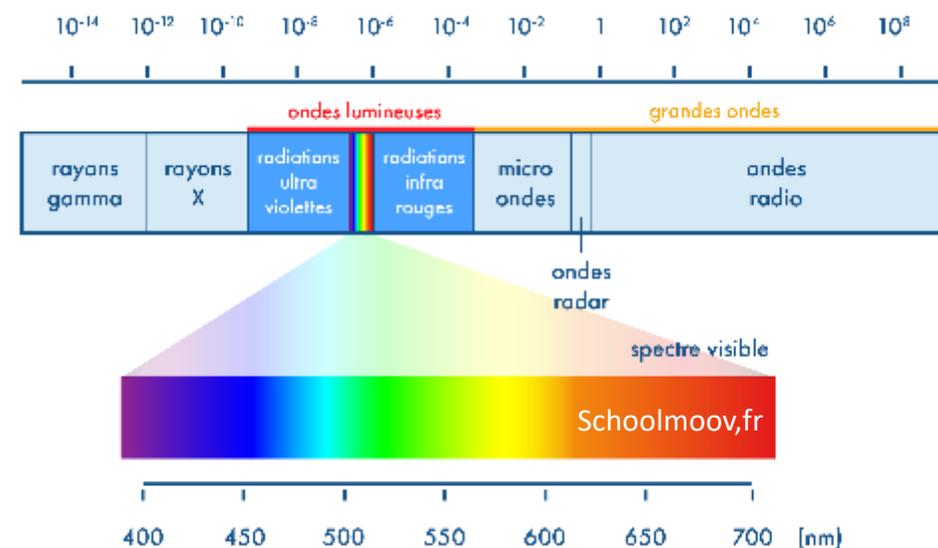
Field average size (hectares) for yield increase and decrease is shown for each crop, respectively

TELEDETECTION

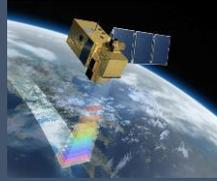
Plusieurs outils accessibles pour approcher l'état des cultures à différentes échelles

Approche de la biomasse, stress thermiques, etc. par des indices de végétation

Comptages automatisés, par exemple nb épis, taux levé...



Sentinel 2 et télédétection



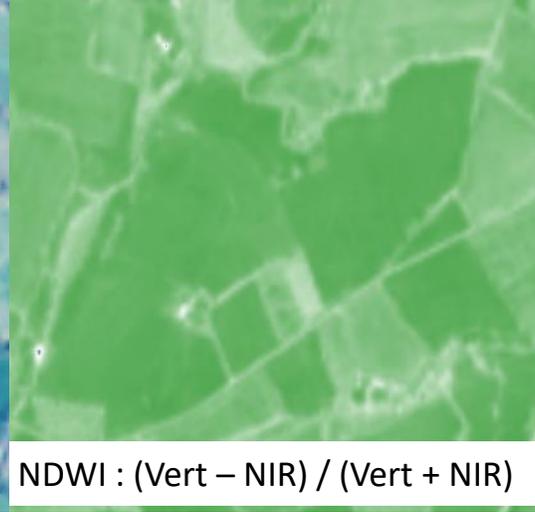
La mission Sentinel-2 propose des images en accès libre avec une résolution pertinente pour approcher les rendements des grandes cultures.

Survol très régulièrement les mêmes zones

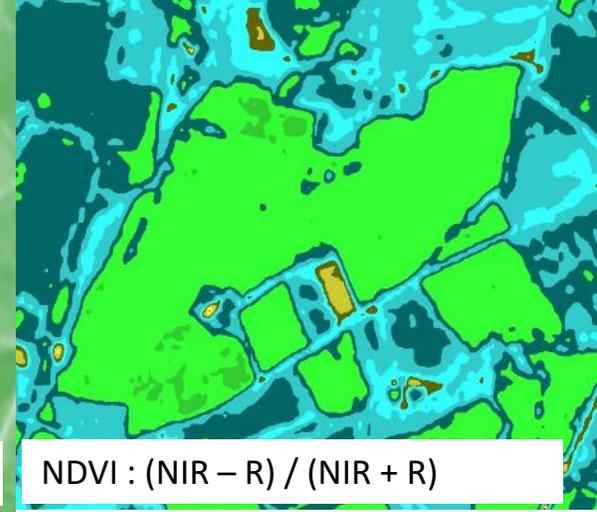
Plusieurs publications ont utilisé pour d'estimer des rendements de plusieurs cultures



RVB



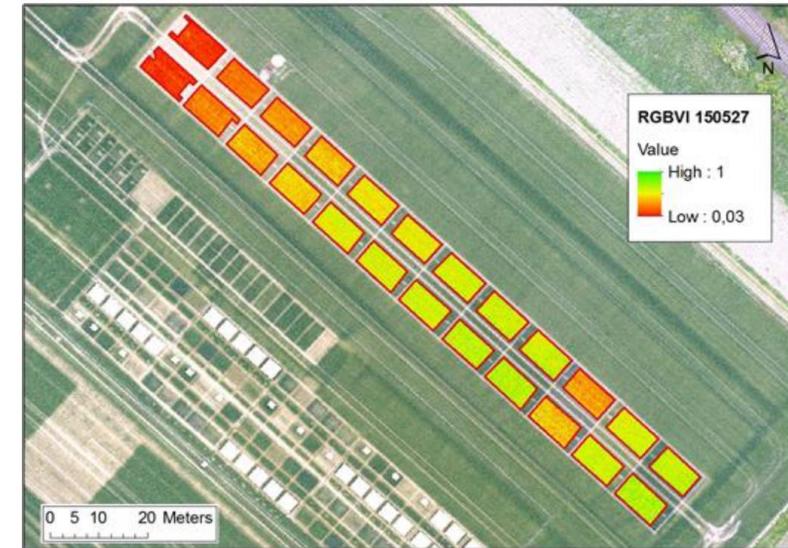
NDWI : $(\text{Vert} - \text{NIR}) / (\text{Vert} + \text{NIR})$

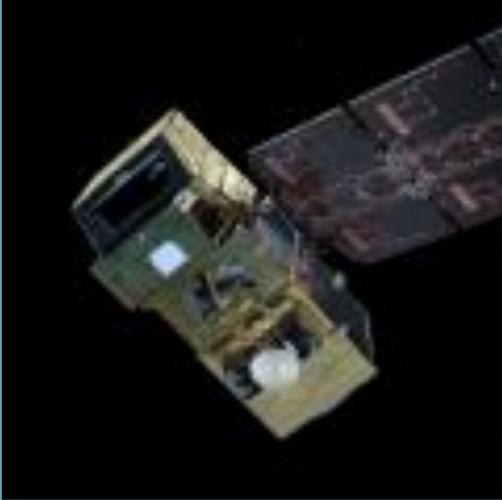


NDVI : $(\text{NIR} - \text{R}) / (\text{NIR} + \text{R})$

En particulier, les indices NDVI de la culture en cours de développement sont fortement corrélés aux rendements en grandes cultures.

Des indices basés sur les longueurs d'ondes RGB simples couplés à des mesures de hauteurs sont aussi utilisables pour comparer des différences de rendement (Bareth *et al.* 2016).





Sentinel-2

- Résolution 10 m (visible)
- 13 bandes spectrales
- Période de 5 jour (X2 satellites)
- Indices : NDVI $(NIR-R)/(NIR+R)$
- Autres : EVI, GNDVI etc.

Table 3

Vegetation indices calculated using Sentinel-2 imagery, where R is Red (B4), G is green (B3) and NIR is near-infrared (B8a).

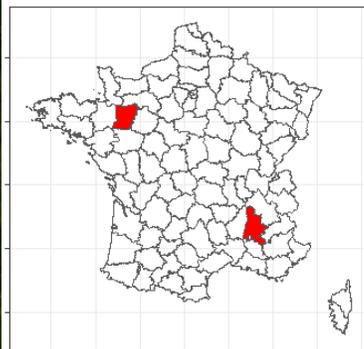
VI	Abbreviation	Equation	Reference
Green chlorophyll vegetation index	GCVI	$GCVI = \left(\frac{NIR}{G}\right) - 1$	Gitelson et al. (2003)
Green normalised difference vegetation index	GNDVI	$GNDVI = \frac{NIR - G}{NIR + G}$	Gitelson et al. (1996)
Normalised difference vegetation index	NDVI	$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R}$	Rouse et al. (1973)
Simple ratio	SR	$SR = \frac{NIR}{R}$	Jordan (1969)
Wide dynamic range vegetation index	WDRVI	$WDRVI = \frac{0.2 * NIR - R}{0.2 * NIR + R}$	Gitelson (2004)



Démarche expérimental

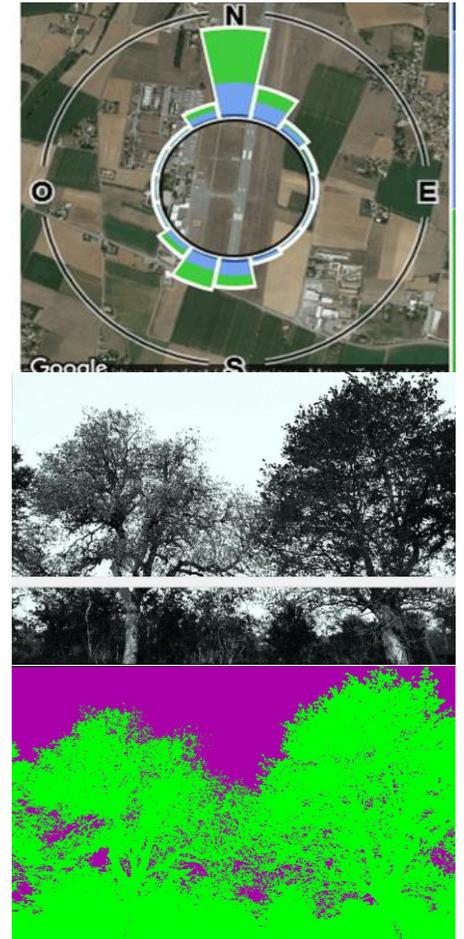
- Recensement de parcelles adéquates
- Suivis agronomiques *in situ* Mayenne / Drôme
- Analyses aux laboratoires ARVALIS Gréoux-les-bains / Etoile sur Rhône
- Suivis microclimatique T°C / rH, données MétéoFrance
- Analyse NDVI Sentinel-2
- Analyses de cartes de rendements
- Analyses sous R

Emplacement des départements d'études



CARACTERISATION DES SITES

- Les itinéraires techniques et précédents
- Caractéristiques des haies :
 - Hauteur
 - Porosité optique
 - Largeur
 - Essences
- Caractérisation des sols
 - Relevés tarière : texture, charge caillouteuse, hydromorphie...



MESURES IN SITU

Sur le blé (à floraison et maturité) :

- Croissance (Hauteur)
- Développement (Stades phénologiques selon l'échelle BBCH)
- Etat sanitaire (Apparition de maladies et importance des dégâts)
- Composantes du rendement grain (nombre de plants, nombre d'épis total, poids de mille grains, poids frais de la paille, poids frais du grain)
- Rendement paille
- Qualité du grain (teneur en protéines)

Caractérisation des conditions microclimatiques

- Températures et Humidité relative de l'air à 1m20

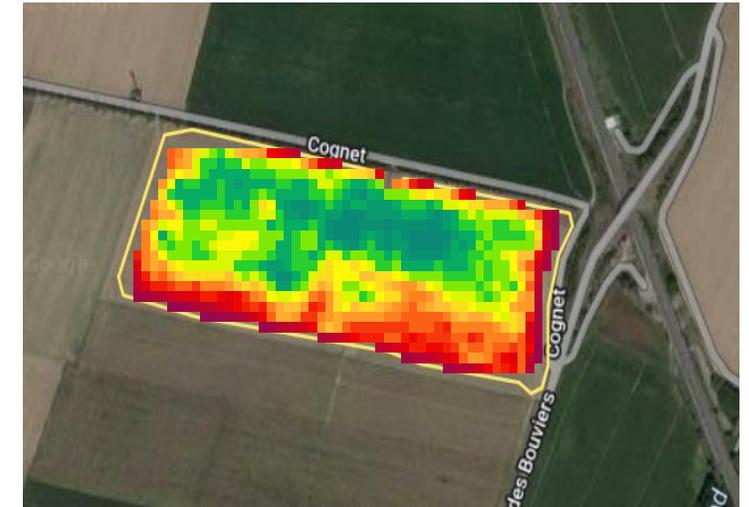


ANALYSE SIG

Recueil et traitement de photographies aériennes issues de Sentinel-2 sur la période de culture

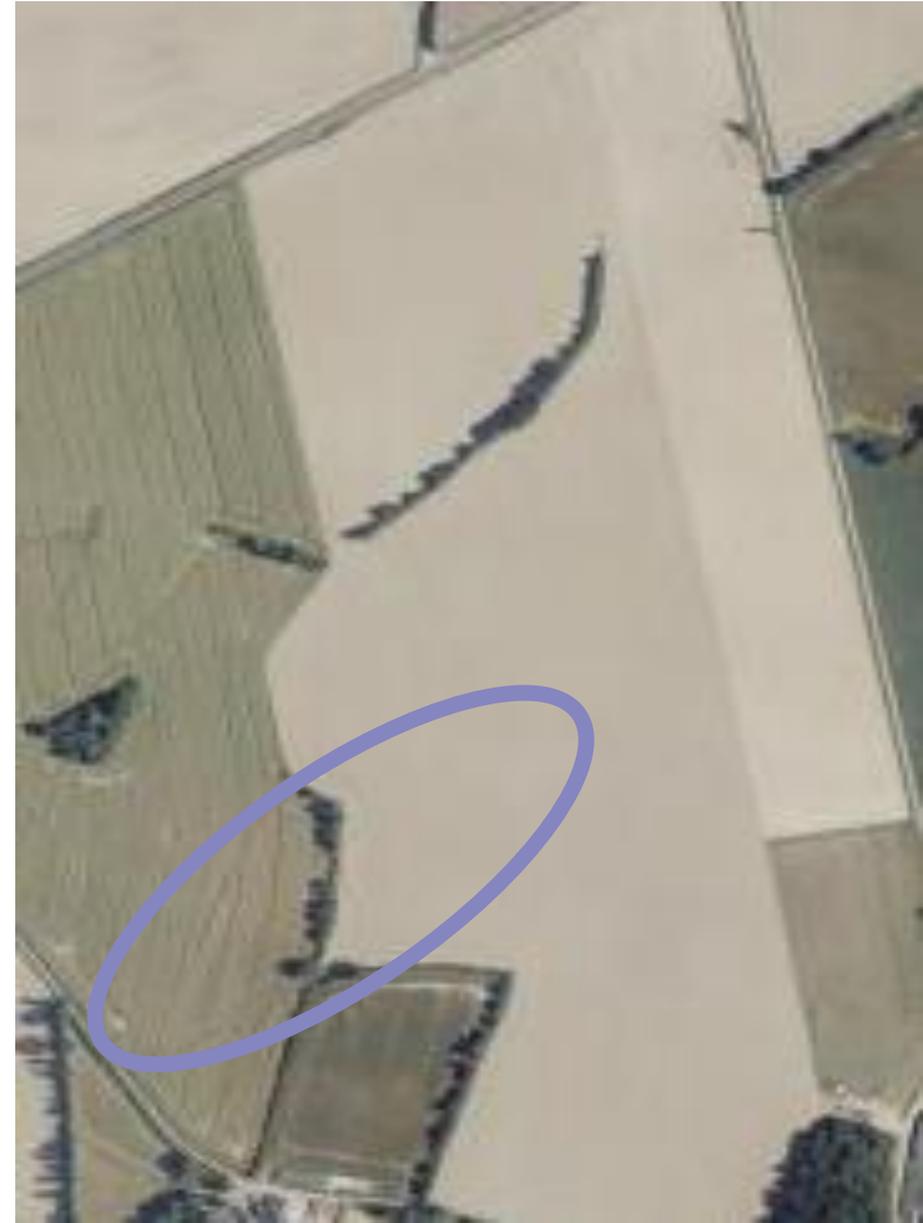
Calcul du NDVI

Evaluation de la relation entre NDVI et rendement sous R



PARCELLE D'ÉTUDE EN MAYENNE

- ▶ Blé tendre conventionnel
- ▶ Haie ~ 8 m de haut composée de deux strates
- ▶ Parcelle plate sur sol limono-argileux profond
- ▶ Mélange de variétés en semis direct

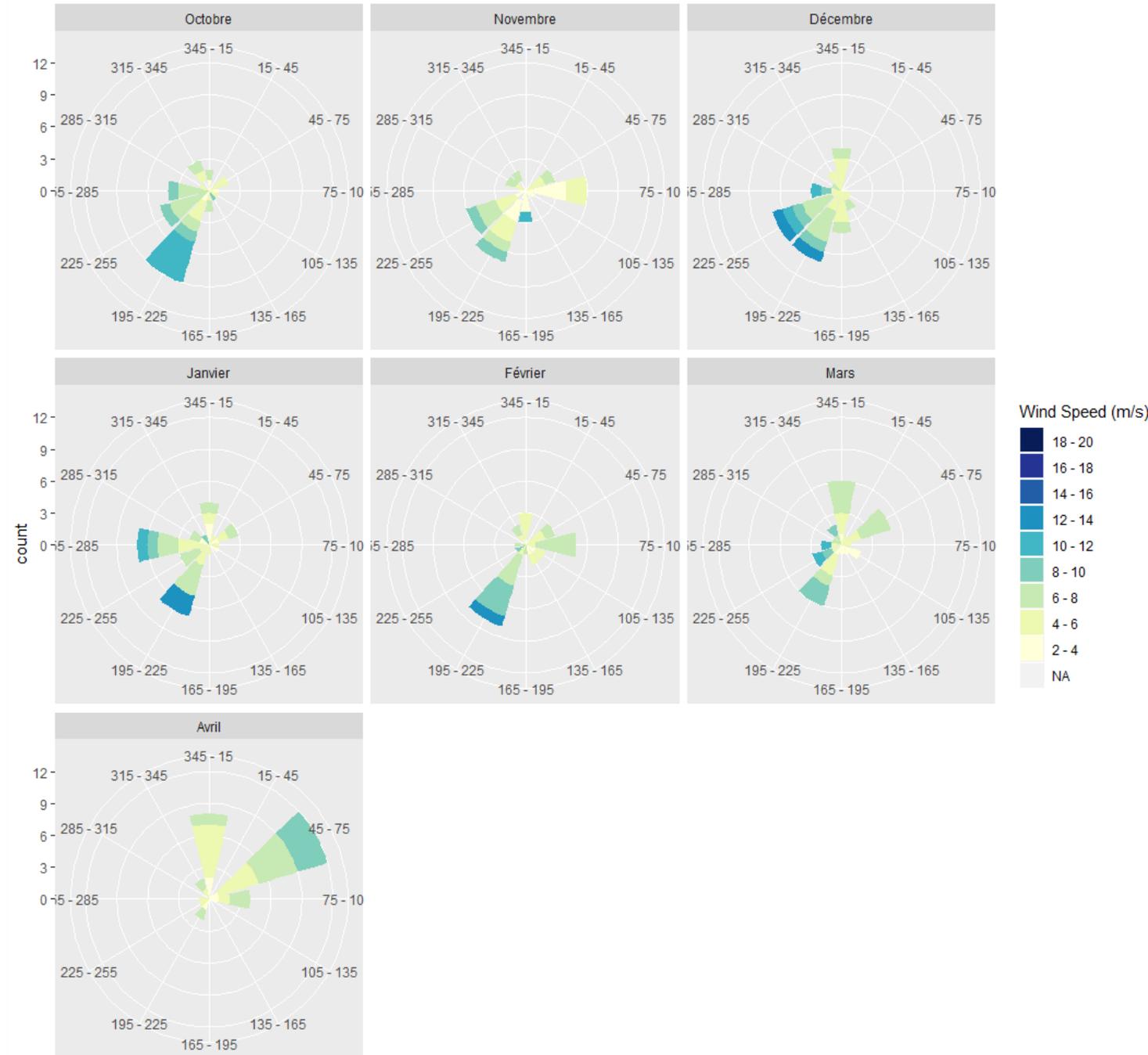


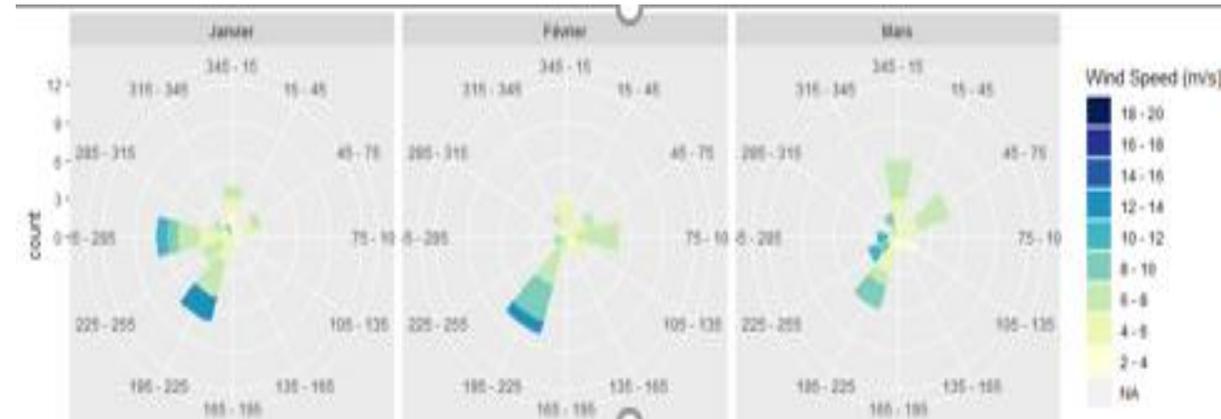
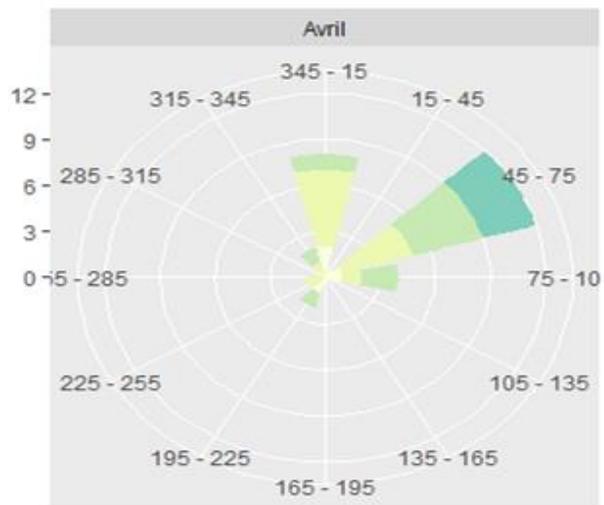
Vents terrain Moyenne

Des vents variables

- Sud-Est
- Ouest
- Nord Ouest

Segré FXY



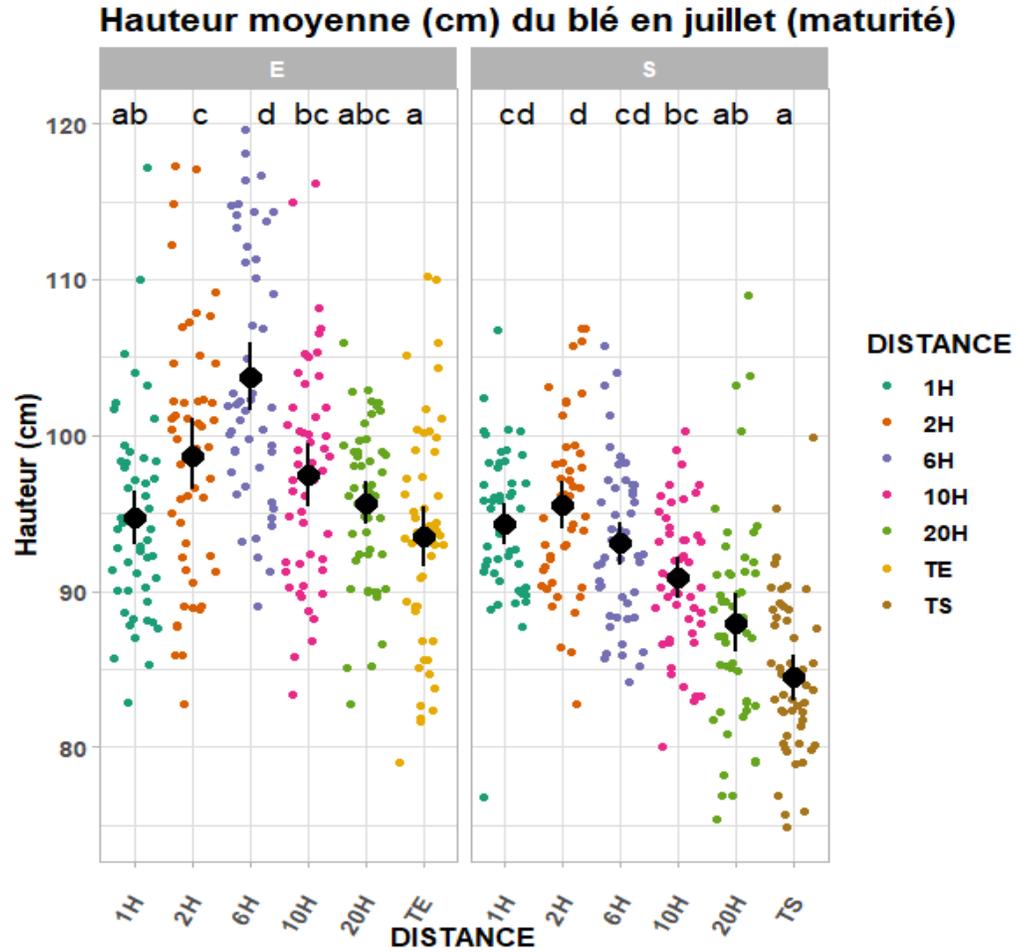


Deux zones d'étude

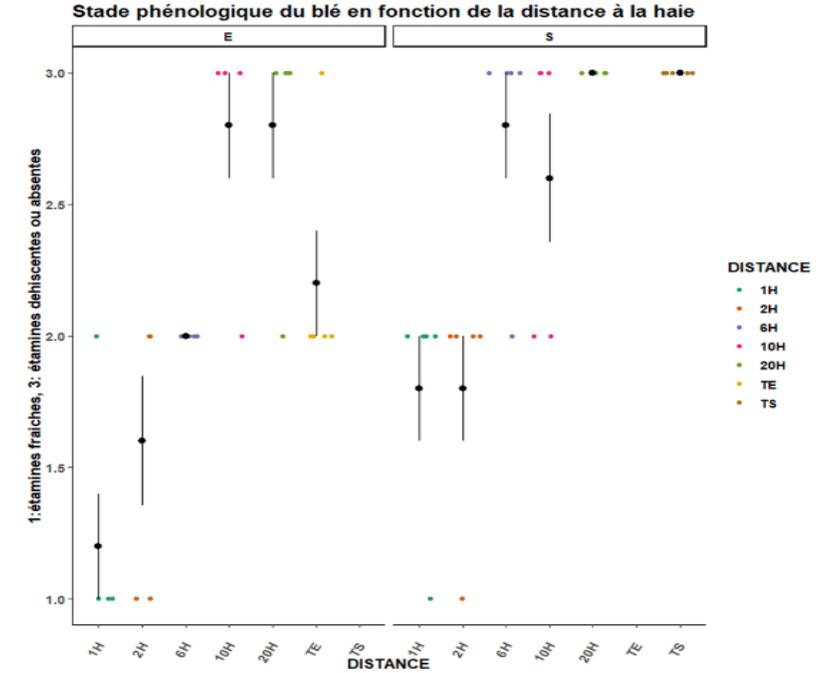
- 1H
- 2H
- 6H
- 10H
- 20H
- T



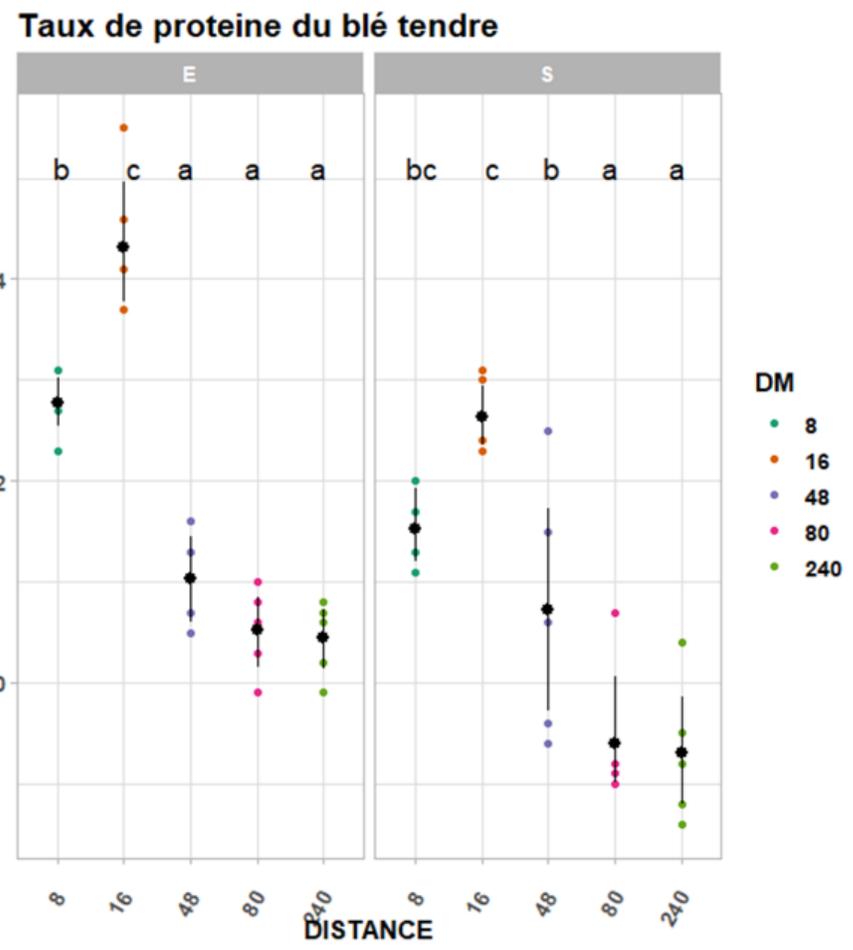
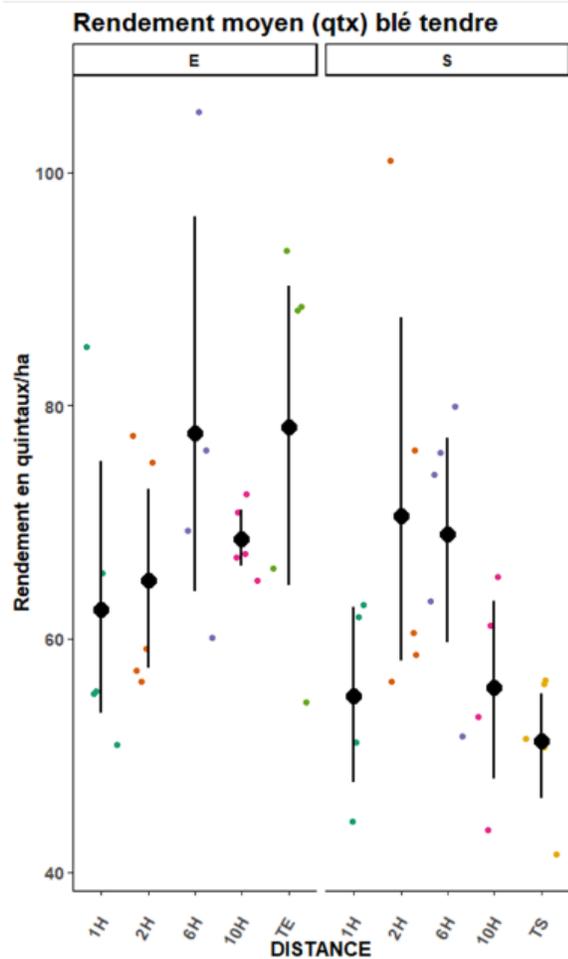
Résultats : croissance du blé



+ Phénologie moins avancée en 1H et 2H.



Résultats : rendements du blé



SITES ETUDES - 2022 – Drôme



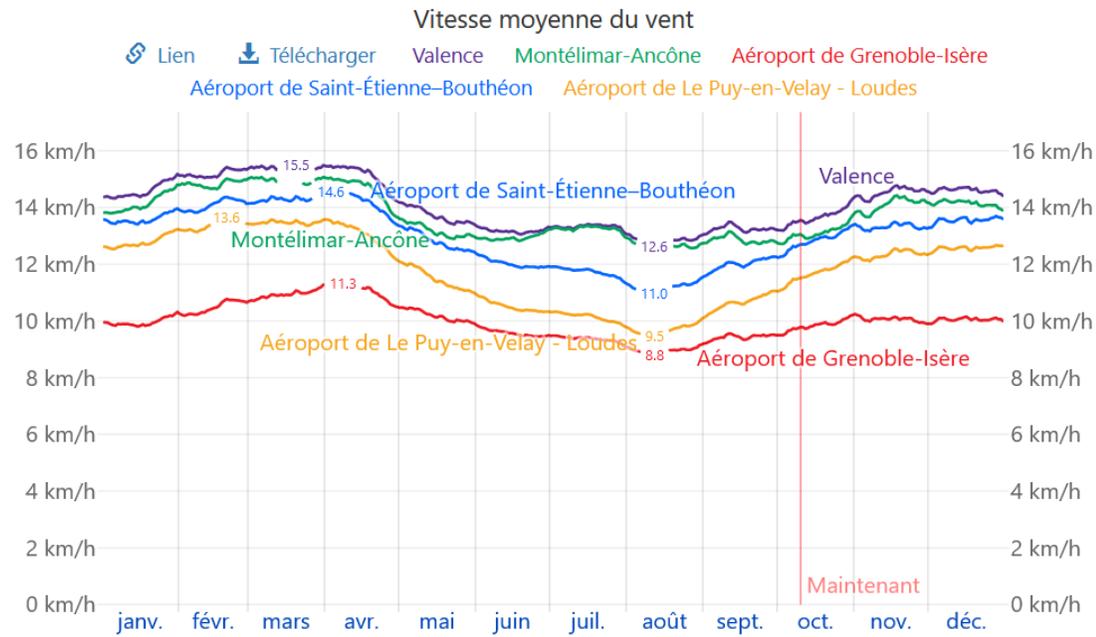
Blé dur « ANVERGUR » implanté en semis direct

Conduite conventionnelle

Irrigation au canon asperseur

Parcelle plate sur sol limono-argileux

Vent Drôme

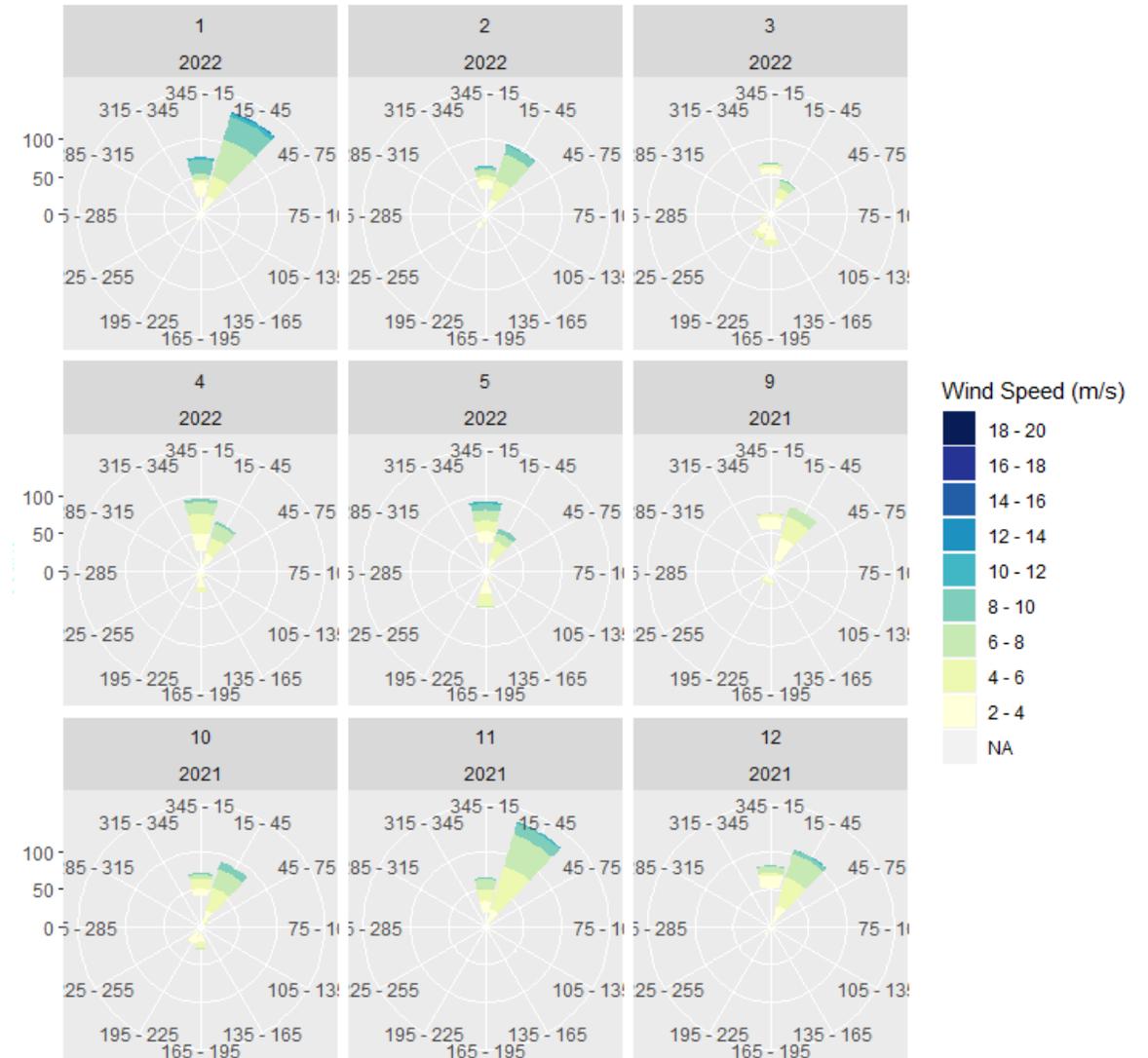


Les vitesses horaires moyennes du vent moyen à 10 mètres au-dessus du sol.

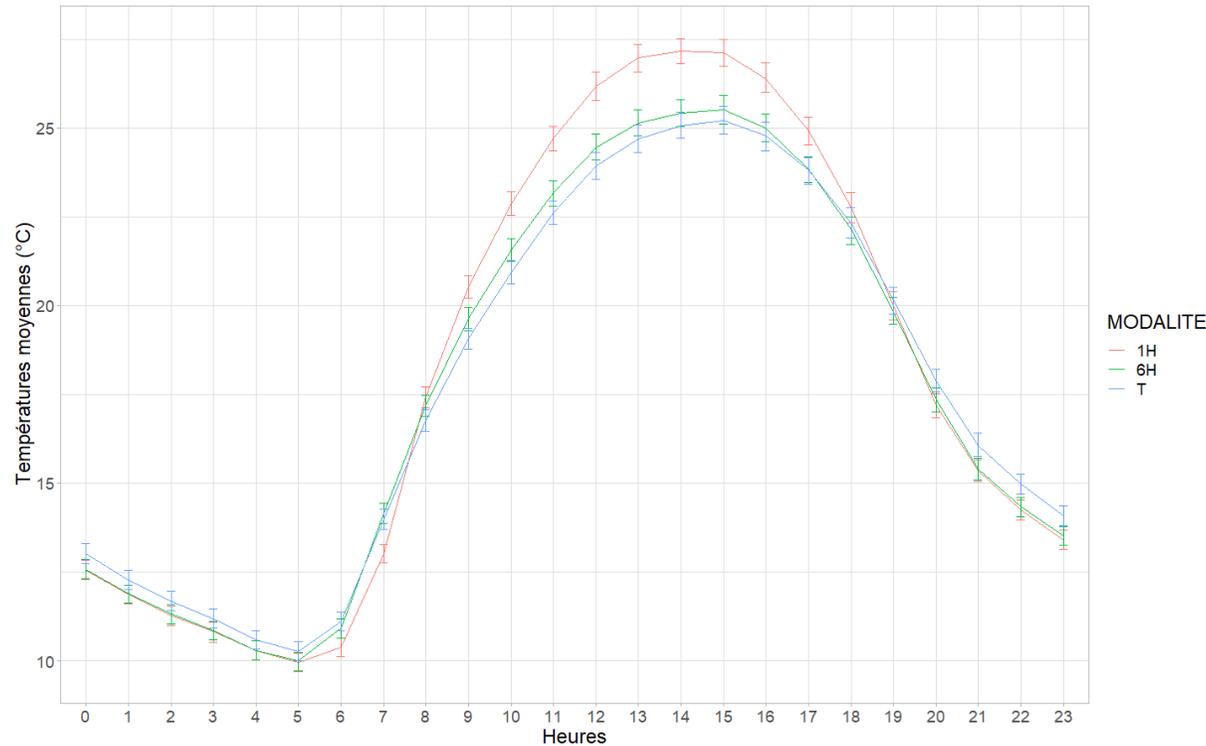
Vitesse du vent (kph) **janv.** **févr.** **mars** **avr.** **mai** **juin** **juil.** **août** **sept.** **oct.** **nov.** **déc.**

Valence	14.6	15.2	15.4	15.1	13.7	13.2	13.3	12.8	13.3	13.7	14.5	14.6
Montélimar-Ancône	14.1	14.8	15.0	14.6	13.2	12.9	13.2	12.6	12.9	13.1	14.1	14.1

Montélimar FFM



RESULTATS – TEMPERATURE °C

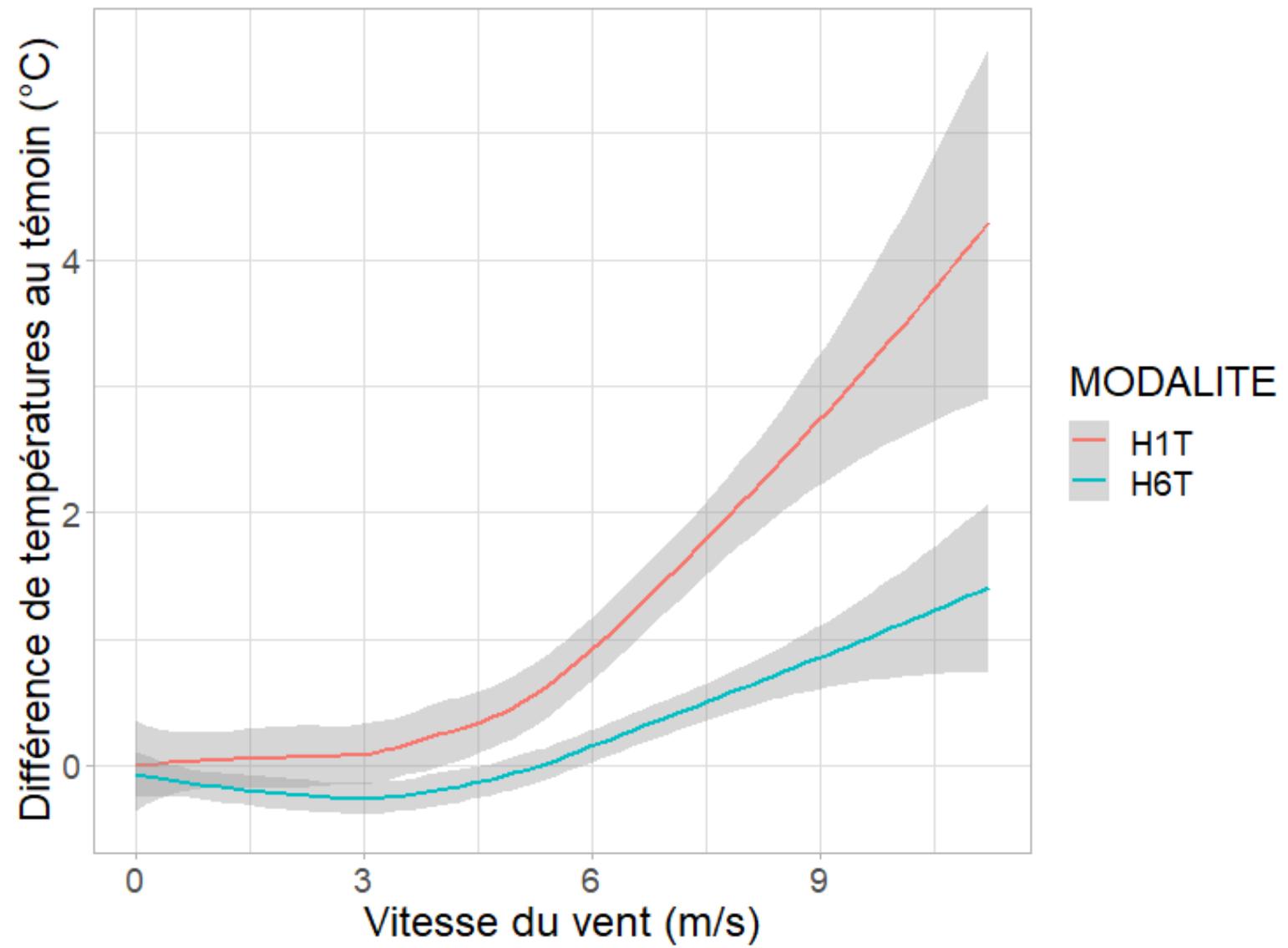


De plus hautes T° en zone abritée

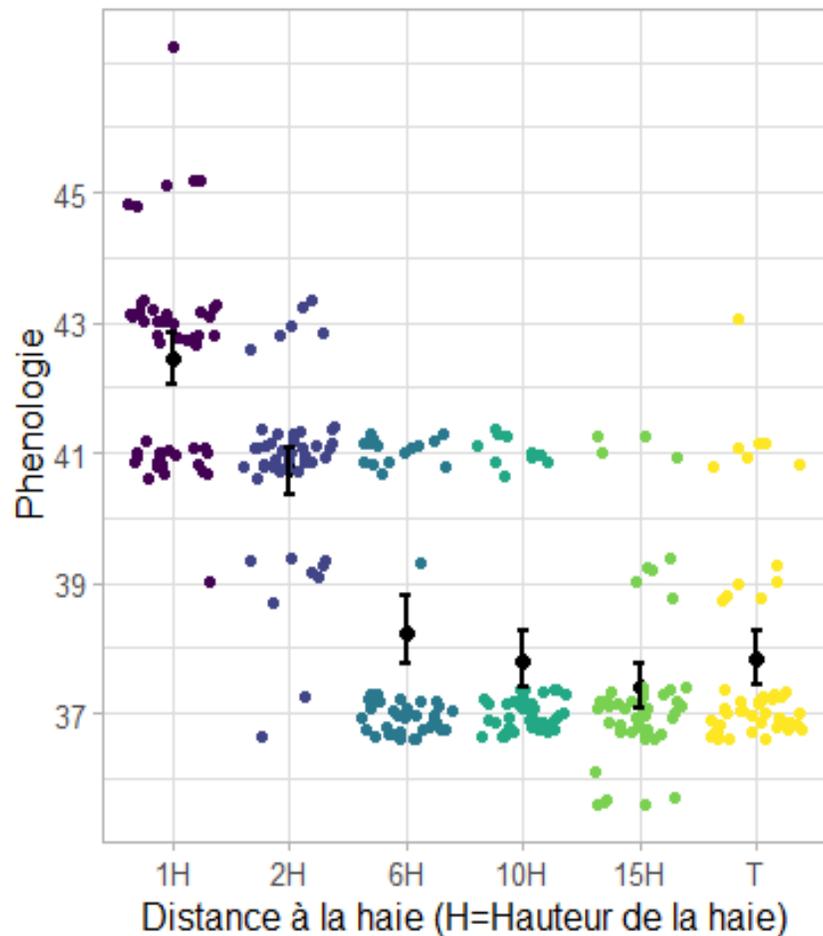
Et très légèrement plus humide

	Températures journalières moyennes (°C)	Températures minimales moyennes (°C)	Températures maximales moyennes (°C)
1H	18,1 (±0,05)	8,6 (±0,5)	29,6 (±0,9)
6H	17,6 (±0,04)	8,6 (±0,5)	27,1 (±0,9)
TEMOIN	17,6 (±0,04)	8,7 (±0,6)	26,9 (±0,8)

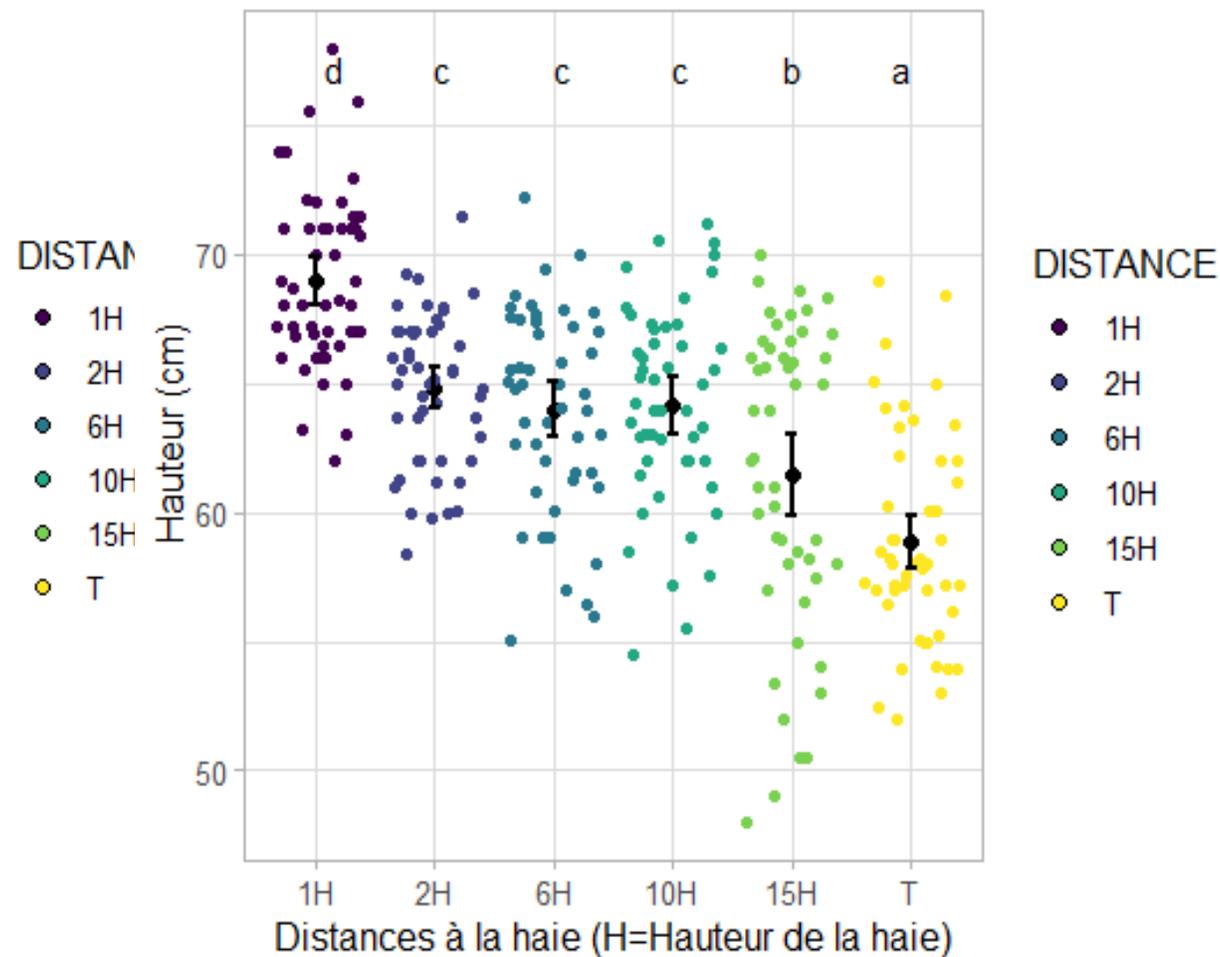
Différence de T°C au témoin ~ vitesse du vent



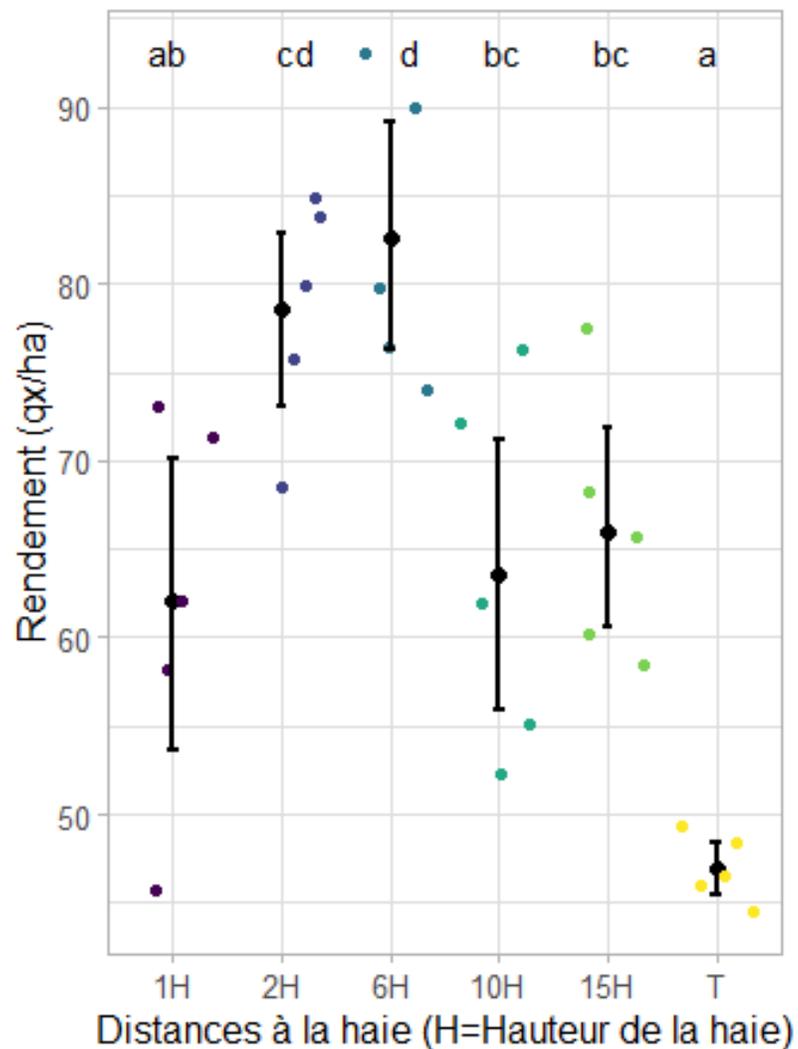
Développement du blé



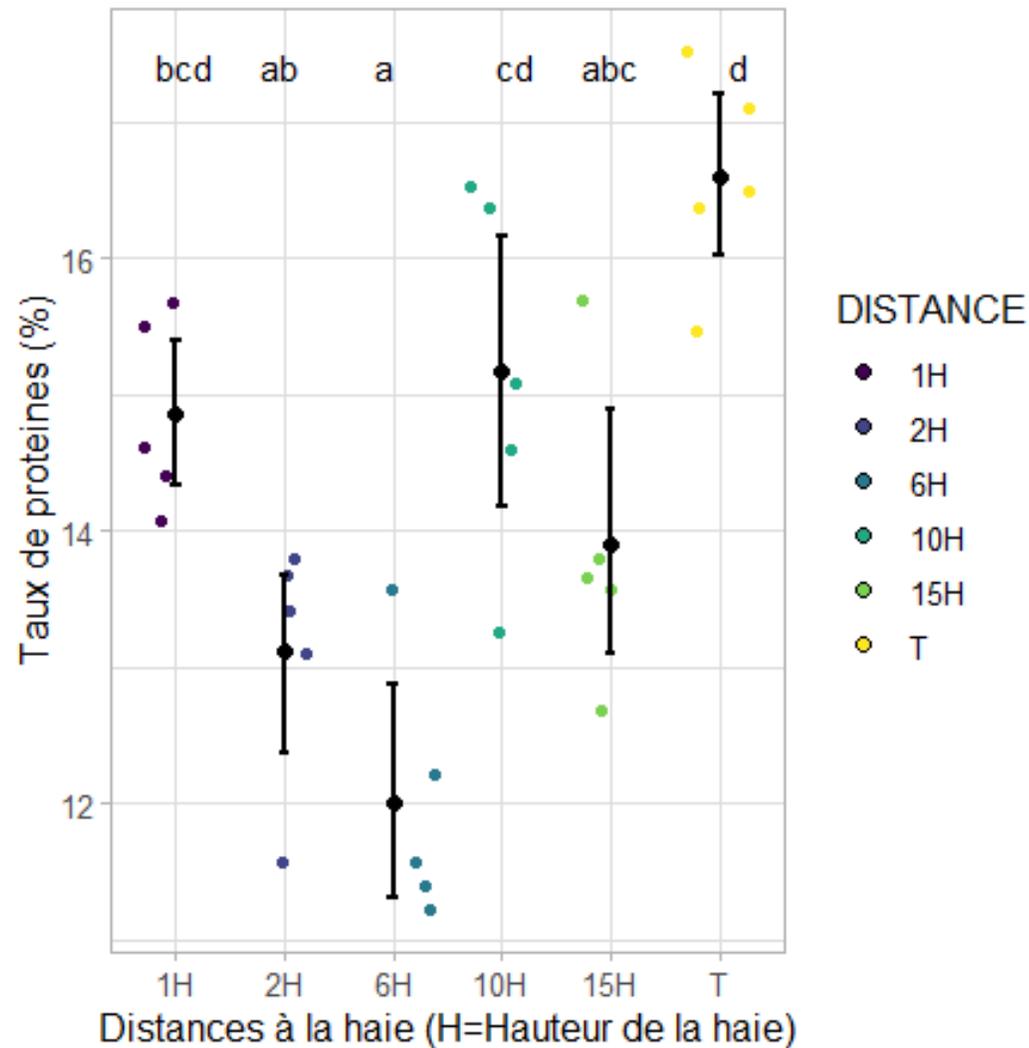
AVRIL



JUILLET

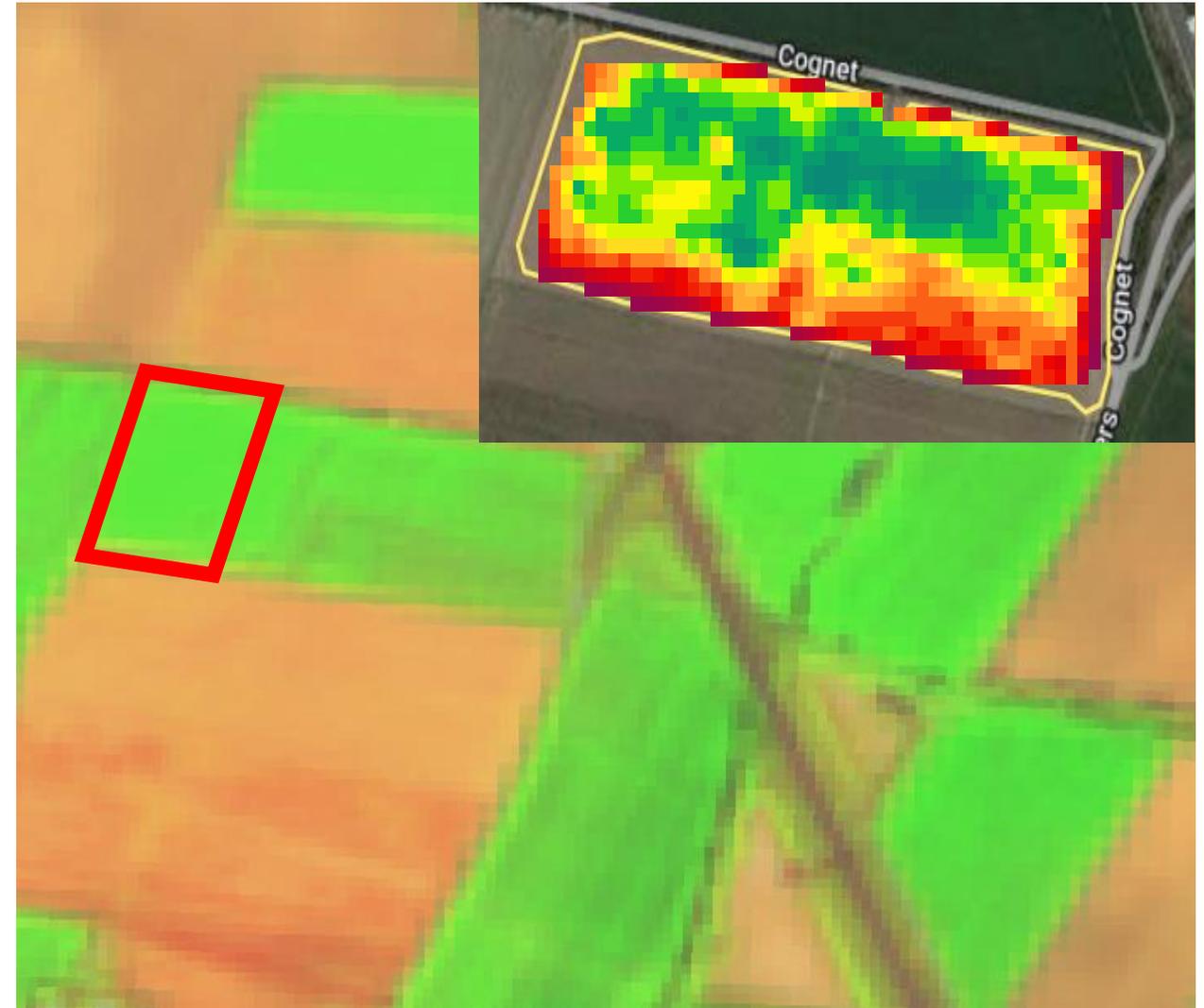
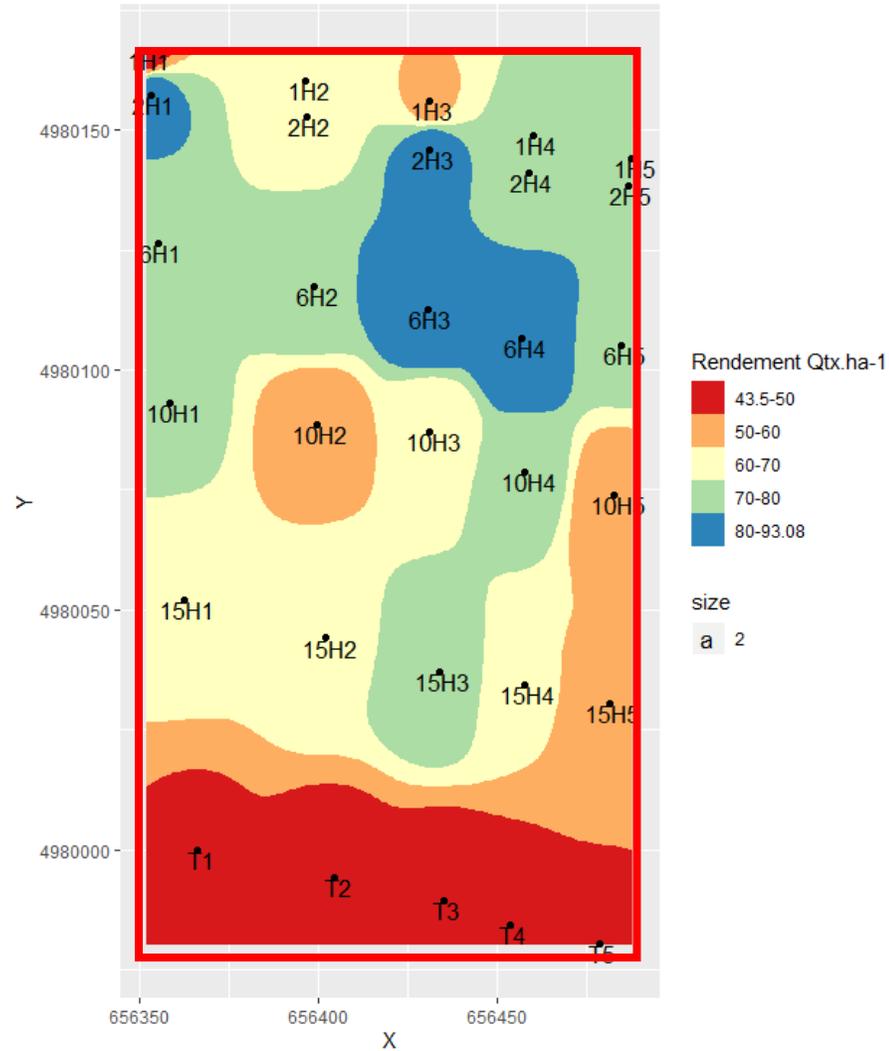


RENDEMENT



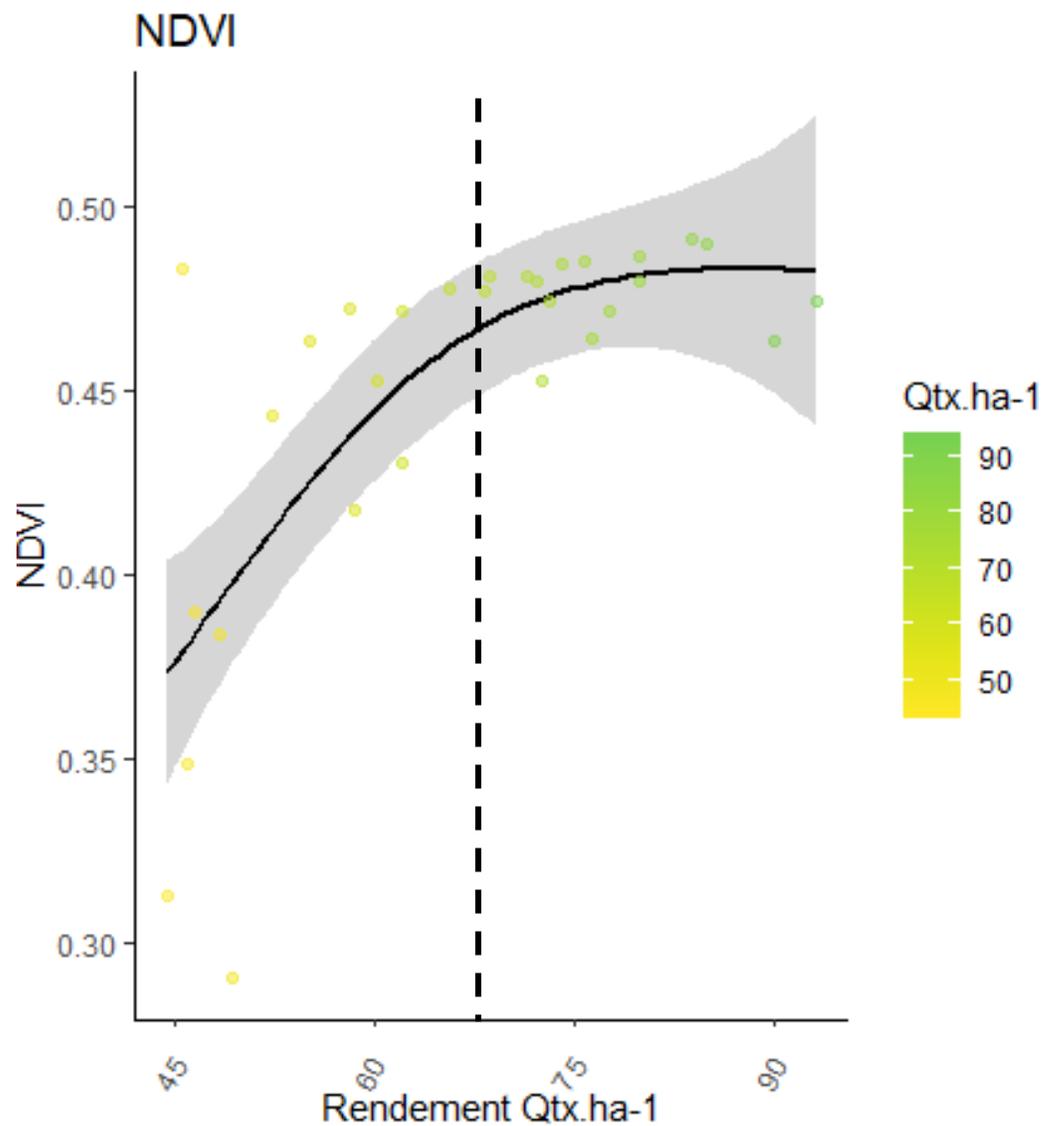
TAUX DE PROTEINES

Analyses SIG



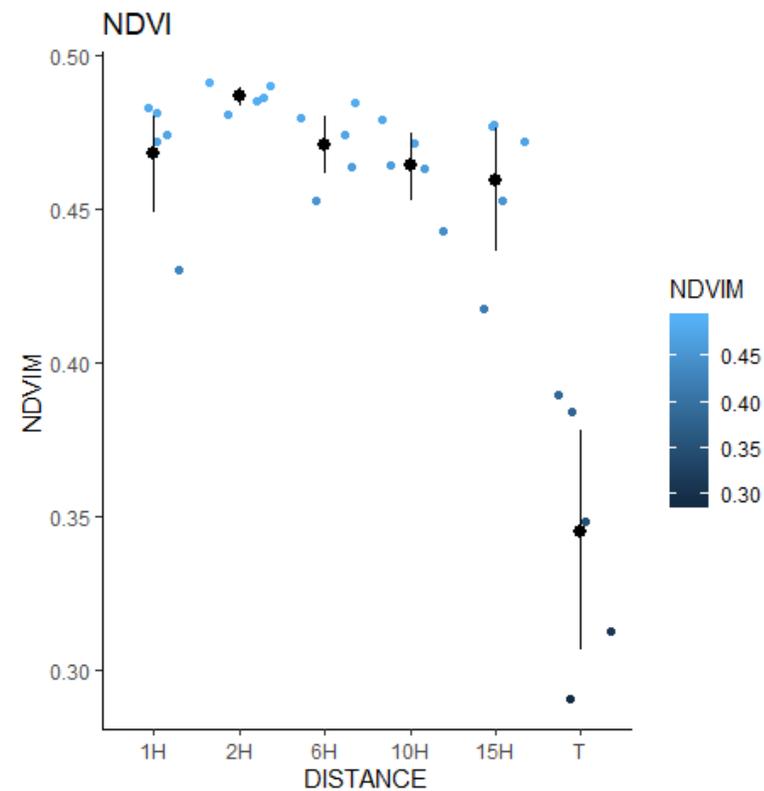
Extraction d'indice de végétation (NDVI)

Rendement ~ NDVI



Corrélation + forte jusqu'à saturation entre 0,45 et 0,5

Prises en compte des arbres 1H ?



ANALYSE DE CARTES DE RENDEMENTS

Secteur sud Mayenne

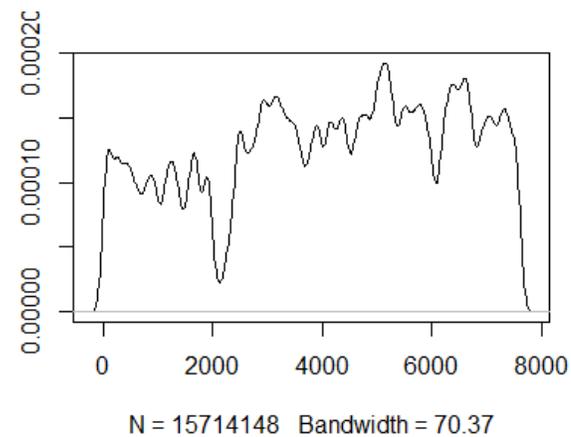
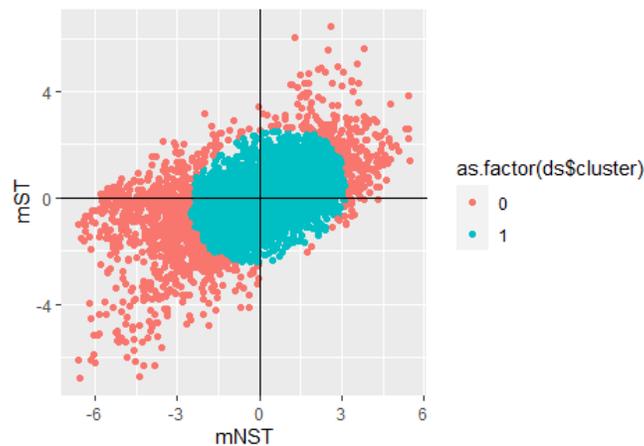
Blé tendre conventionnel

Haie centrale de chêne > 15m

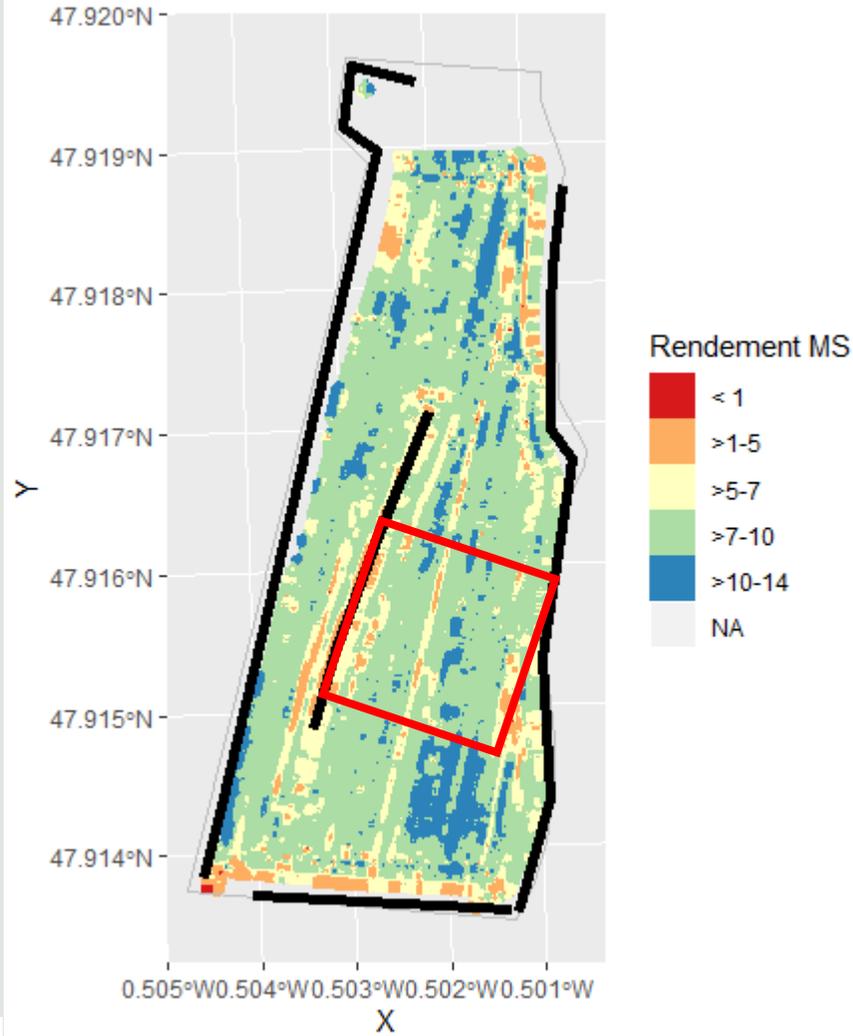
Nécessite un pré-filtrage des données

Knowledge discovery and unsupervised detection of within-field yield defective observations **Leroux et al. 2018**

Article in Computers and Electronics in Agriculture - December 2018
DOI: 10.1016/j.compag.2018.12.024

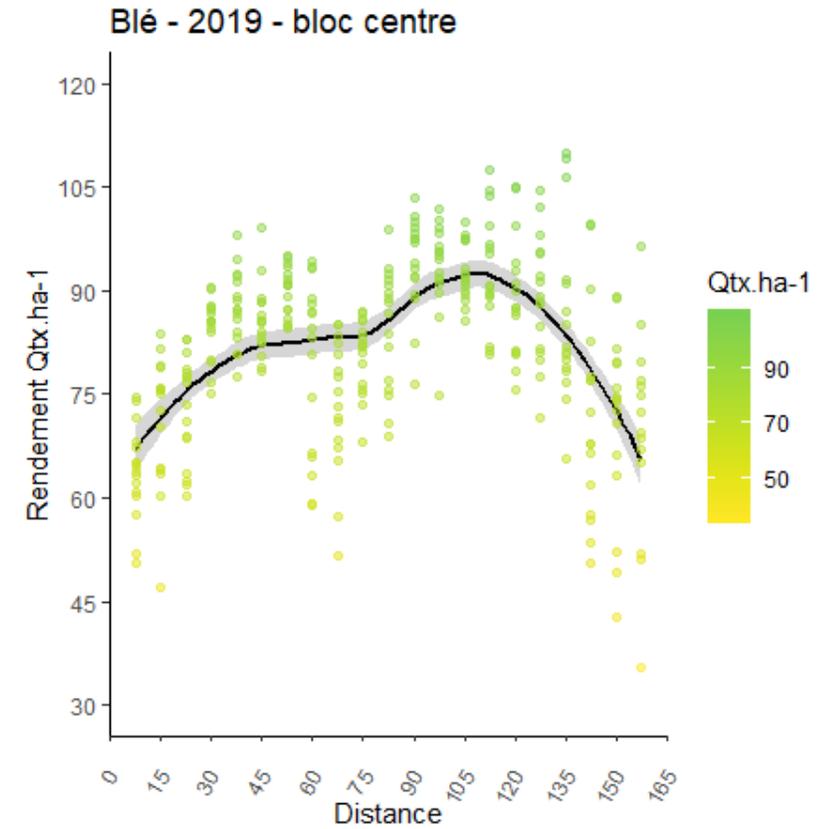


Blé tendre 2019 – Mayenne



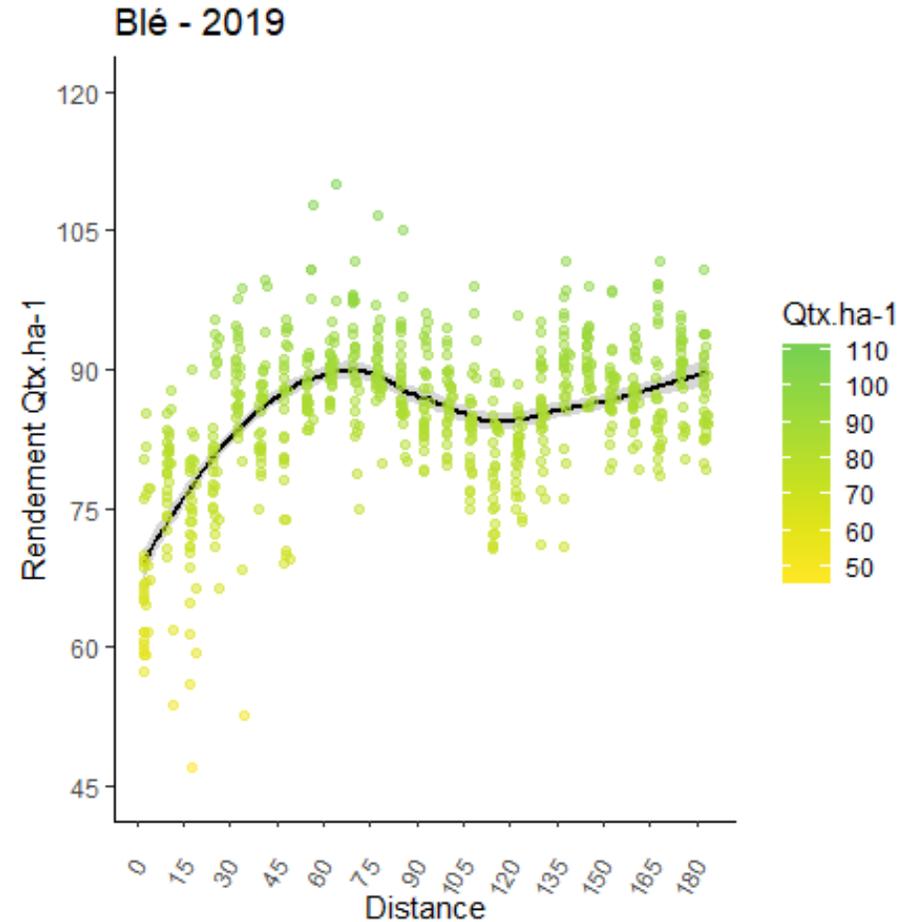
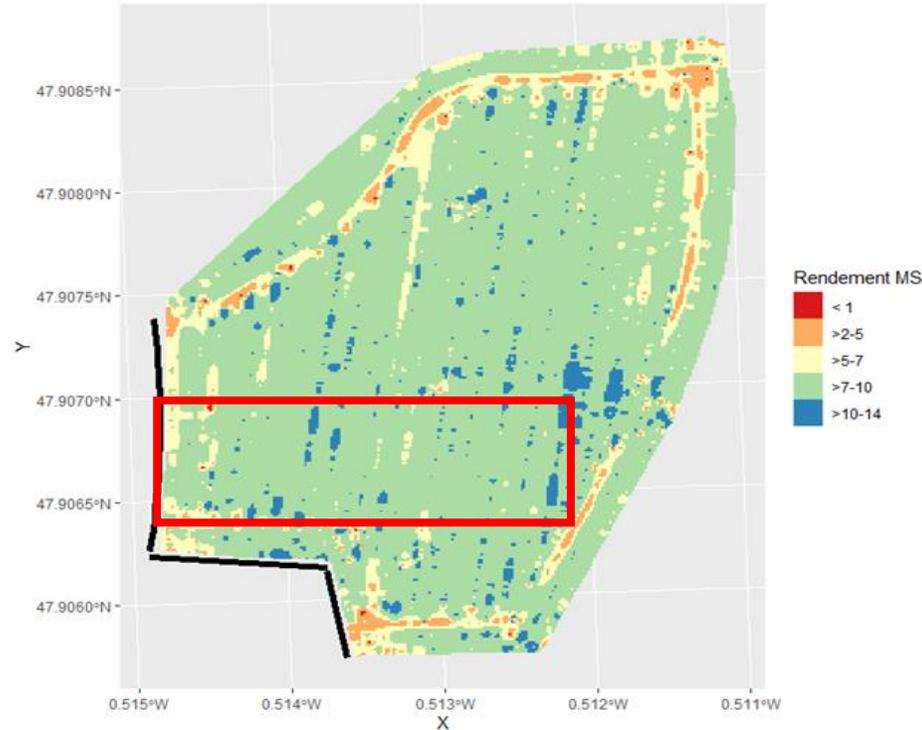
Haie centrale entre 15 et 20m

Rendement à proximité (première largeur) : 60 qtx/ha





Blé tendre – 2019- Mayenne

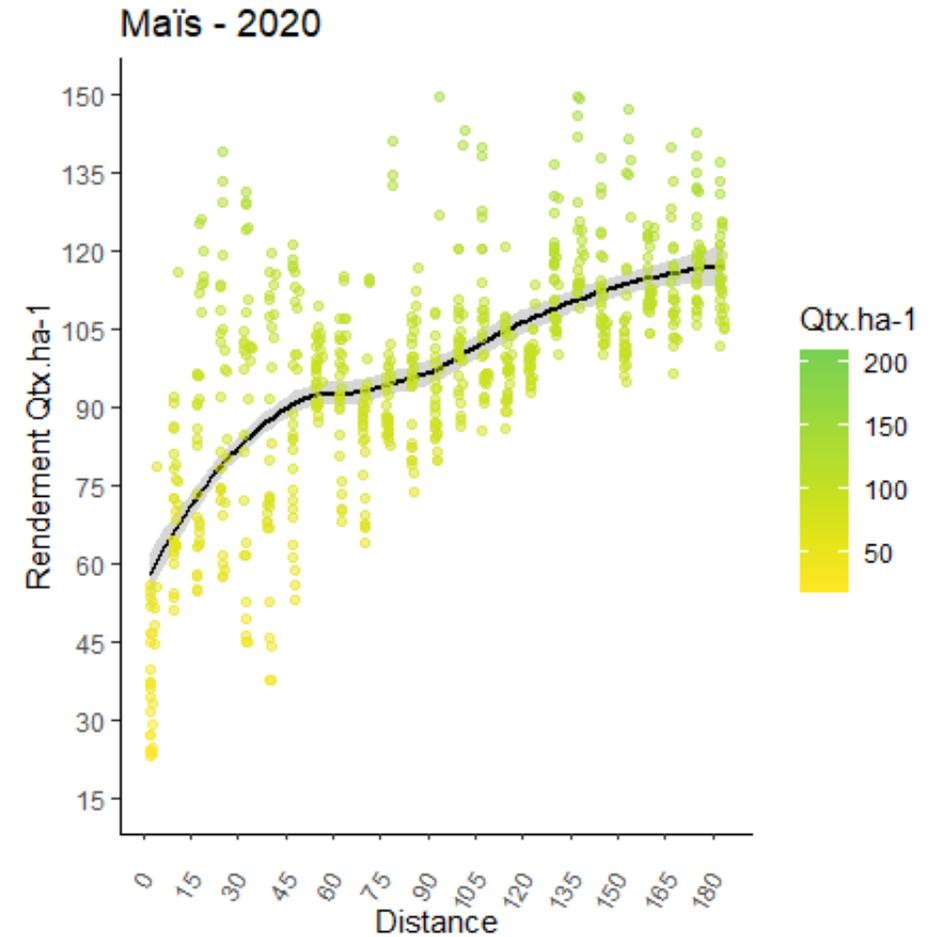
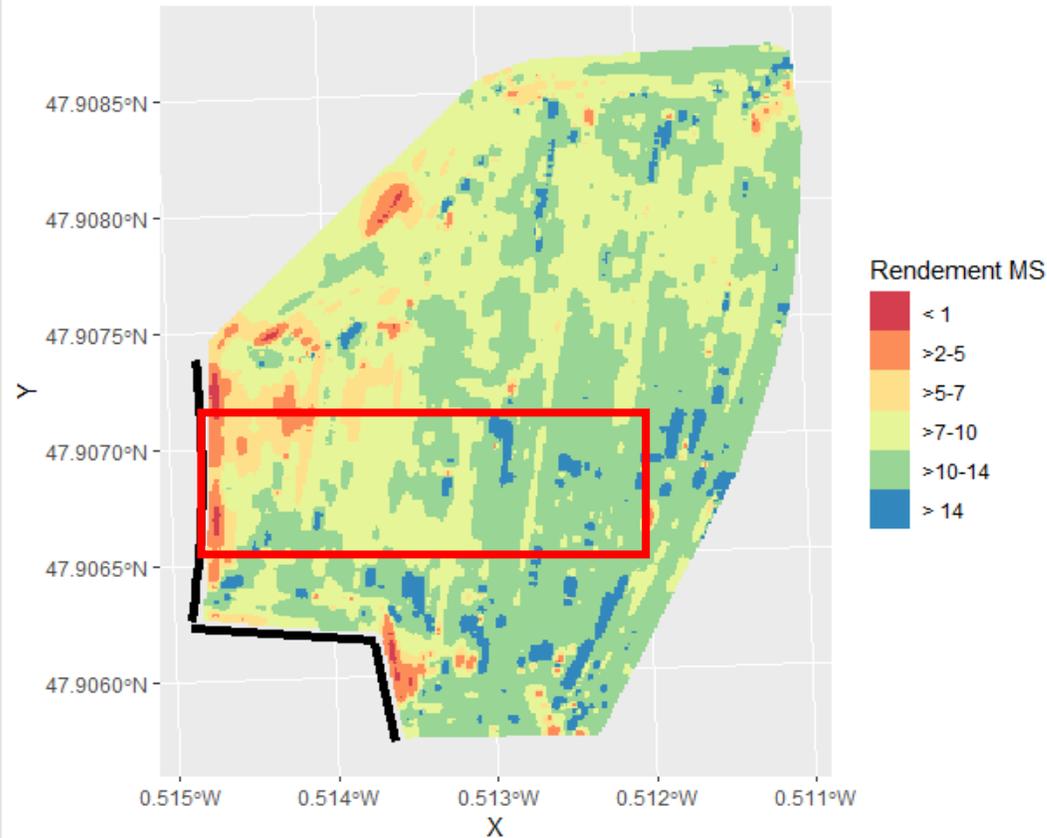


Haie Ouest de 8m

Rendement inférieur à proximité : ~68 qtx/ha sur les 7 premiers m

77 qtx/ha à 15m VS 84 à 91 au-delà

Mais – 2020 - Moyenne



Rendement inférieur à proximité : ~50 Qtx/ha

70 qtx/ha à 15m VS 85 à 22m

Hétérogénéité très forte, intra et inter distances

DISCUSSION

- Des résultats variables en fonction des orientations des haies et des contextes et « territoires »
- Une tendance à des pertes limitées à proximité des haies
- Des augmentations de rendements en zone protégée
- Les données de carte de rendement sont une bonne source pour l'analyse, mais nécessite un travail de filtrage amont
- Sentinel-2 : des perspectives mais des modèles à éprouver

CONCLUSION

- Nombre de parcelles insuffisantes pour conclure
- Difficultés pour caractériser tous les paramètres
- Les mesures terrains restent primordiales
- Des références à construire par territoire
- Vers la modélisation économique -> webinaire N°6

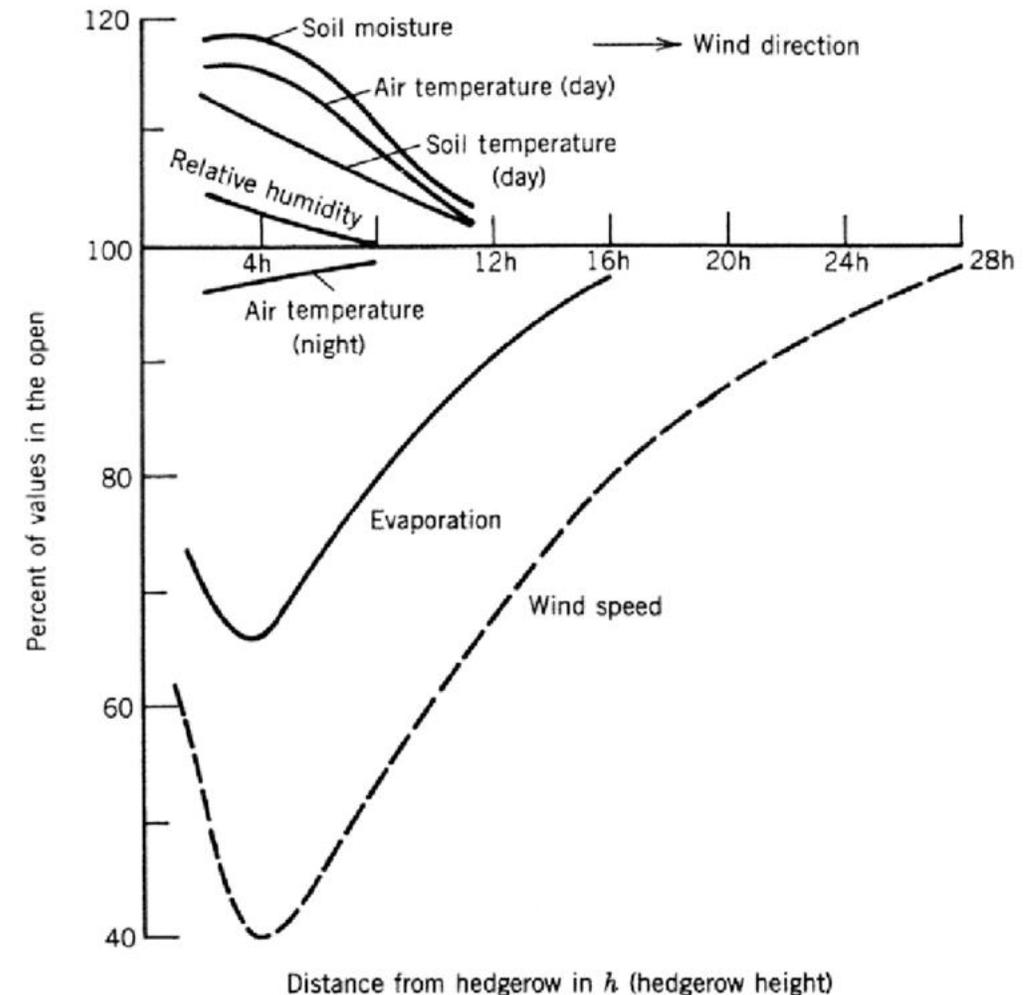
PERSPECTIVES : ARBOREOL 2023 - 2026



ACTION 1.A: EFFET DES HAIES SUR LE MICROCLIMAT

Objectif : Caractériser l'effet des haies sur le microclimat des parcelles de grandes cultures (sur 6 parcelles ou cycles de cultures)

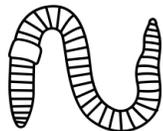
- Effet brise vent, T°C et rH de l'air et du sol
- Sondes et boîtiers d'acquisition, anémomètres, tensiomètres, en continu



ACTION 1.B : EFFET LA FERTILITÉ DES SOLS

Objectifs : comprendre les effets potentiels des haies sur la fertilité des sols

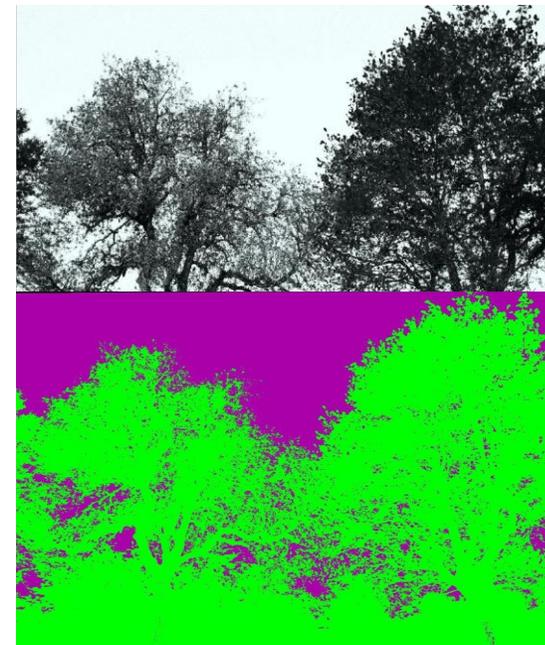
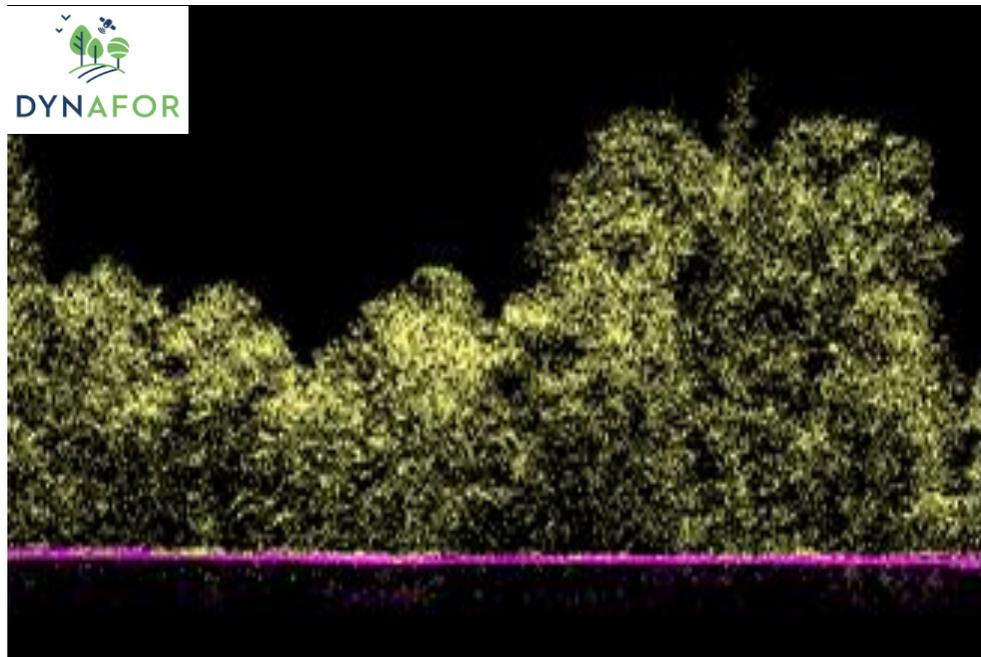
- Mesures de l'activité biologique et dynamique des matières organiques (1 an, 2 sites)
- Mesures de densité racinaires (2 sites)



ACTION 1.C: CARACTERISATION DES HAIES PAR LiDAR aérien

Objectifs : caractériser la porosité des haies par acquisition LiDAR

Modéliser l'effet brise vent dans l'outil « HedgeTools »

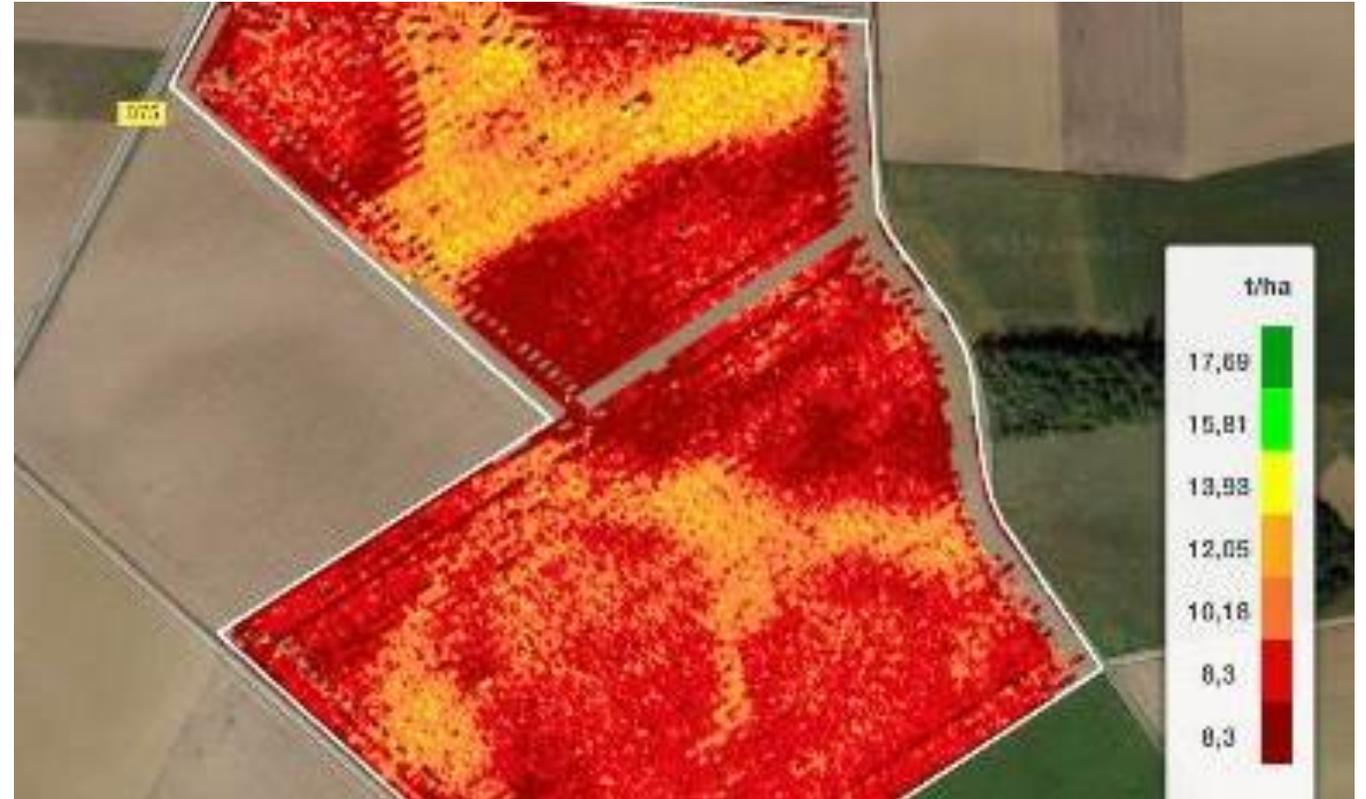
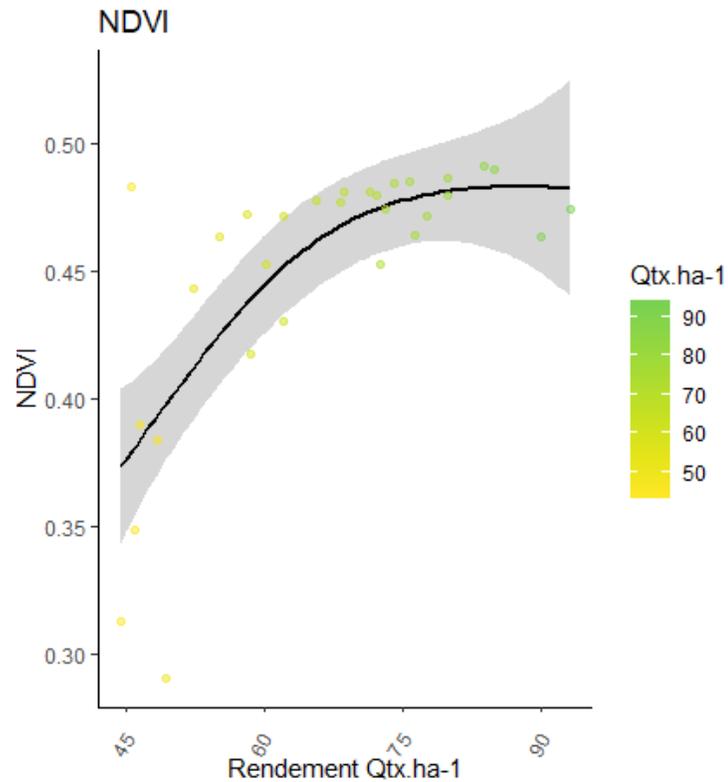


ACTION 2.A: Evaluation de la performance des cultures à l'aide de mesures sur sites pilotes



Mesures de croissance, développement, qualité, rendements sur 6 moissons en comparaison de témoins

ACTION 2.B: Evaluation de l'effet de l'agroforesterie par analyse d'images satellites



Objectif :

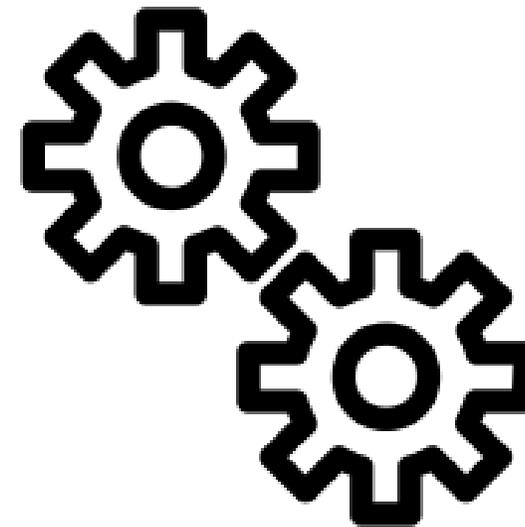
Approcher les effets de la haie via analyse d'images Sentinel-2 sur un territoire étendue

ACTION 3 : Mise en œuvre d'un observatoire participatif de l'effet des haies sur les grandes cultures



➤3a : Construire une base de données de cartes de rendement avec et sans haie
Animation, communication

➤3b : Conception et diffusion de protocoles de suivis
Animation et tests de protocoles en réseaux



ACTION 4 : TRANSFERT et VALORISATION

Site internet – accolé à la base de données

Communications techniques / scientifiques, webinaire de restitution

Journées techniques (3)

Merci de votre attention

Place aux questions !