

Mesure de la vigueur : principe de mesure et capteurs disponibles pour l'estimer

James Taylor

**d'origine Australian Centre for Precision Agriculture (Sydney Uni)
à Montpellier SupAgro
à Cornell University (USA)
et finalement à Newcastle University (UK)**

Séminaire

Viticulture de Précision

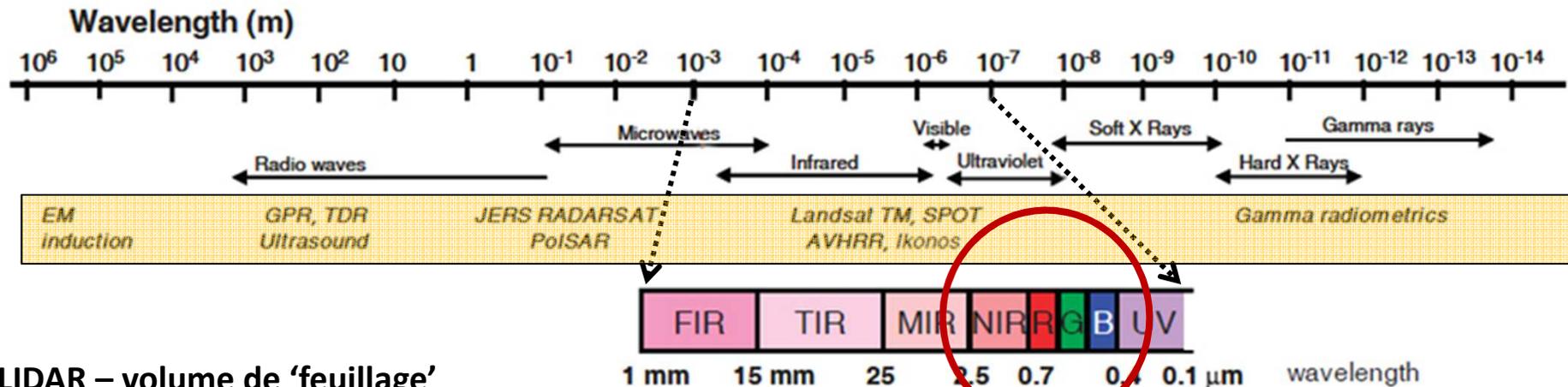
Du drone au satellite :

*l'estimation et la cartographie de la vigueur de la vigne
et son utilisation pour adapter les pratiques*

Je vais parler aussi des plateformes terrestres avec des capteurs proximal

Spectre électro-magnétique

Plusieurs capteurs sont disponibles dans toute la gamme du spectre EM. Pour estimer la vigueur, nous utilisons les ondes Visible et Proche Infra-Rouge (PIR) avec des capteurs 'optiques'.



LIDAR – volume de 'feuillage'
Thermal – Activité de la vigne

Intéressant mais pas le temps d'en
discuter aujourd'hui.

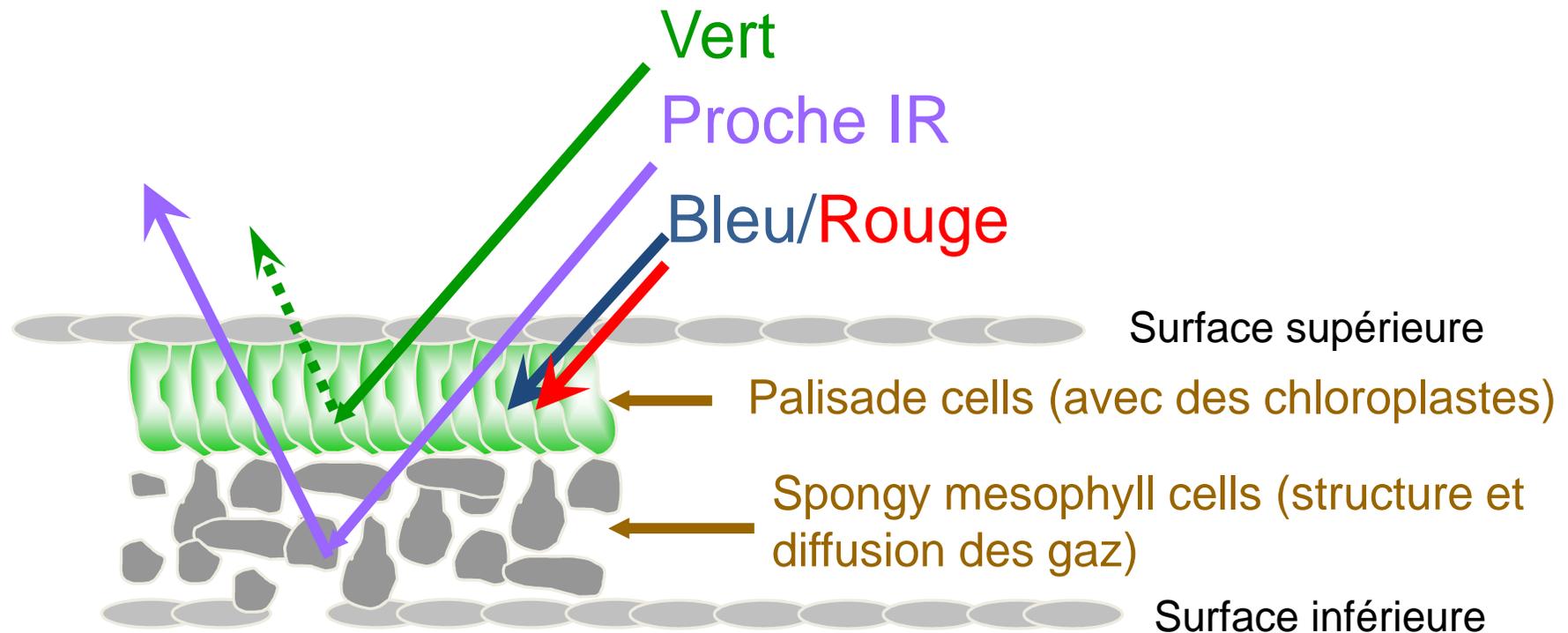
Données complémentaires de la vigueur

Visible/Near-InfraRed spectrum

**Capteurs 'optiques'
visible et proche infra-rouge**

Téledétection optique de la vigueur (des feuilles)

Comment ça fonctionne : Interaction de radiations avec les feuilles

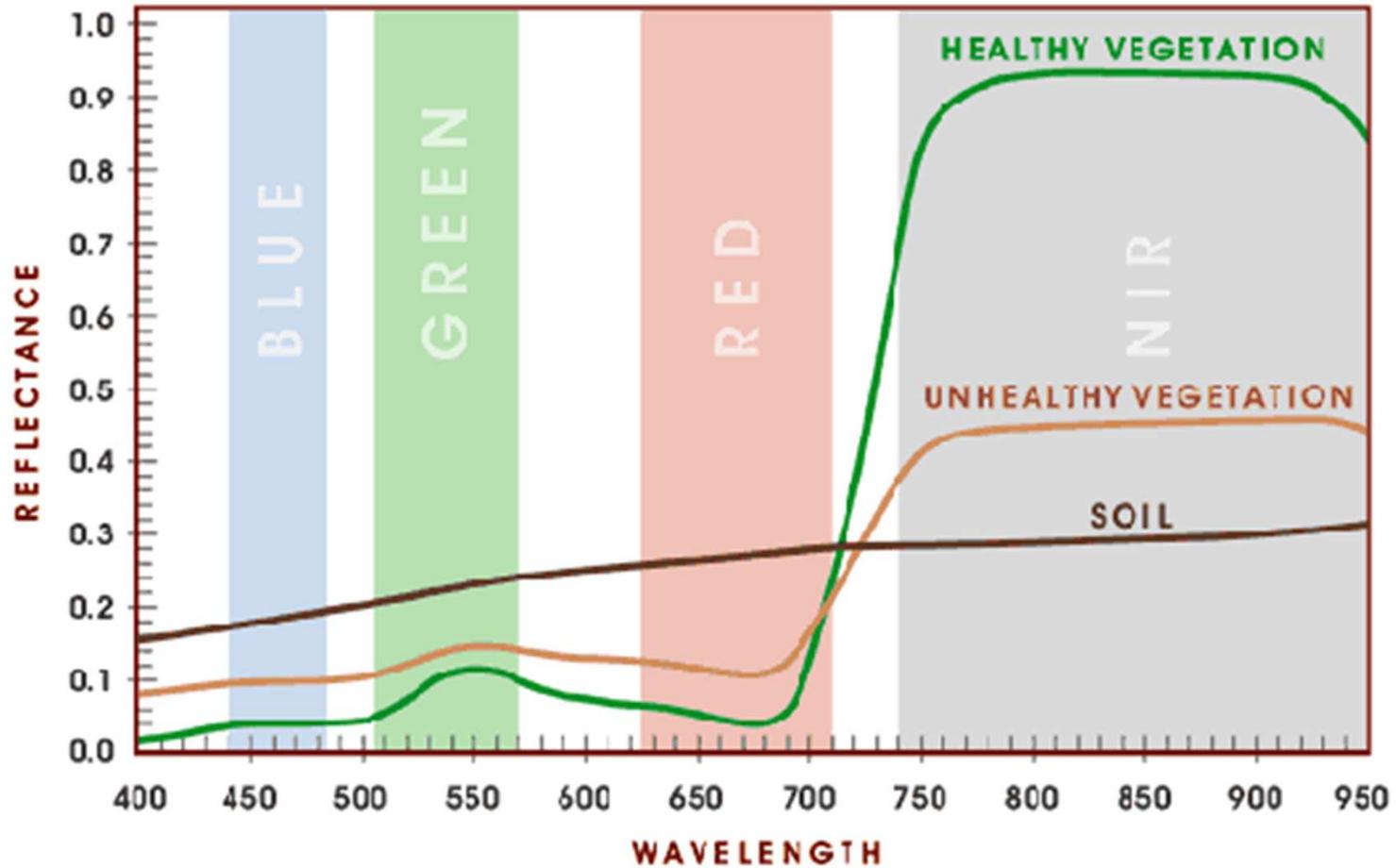


Vigne saine :

- Bleu et rouge sont absorbés par les chloroplastes (pas de réflectance).
- PIR et vert ont une réflectance forte (c'est pourquoi la vigne semblent vertes)

Vigne stressée:

- Moins de radiations absorbés et plus de réflectance dans les bandes visibles (B,V,R) – la vigne apparaît moins verte à cause de plus de réflectance R et B.
- PIR plus diffusé à cause de structure cellulaire faible – moins de réflectance.



Capteurs optiques pour la vigueur – photosynthetically active biomass

En fonction

- Du nombre de feuilles (Leaf Area Index), et
- De l'intensité du 'vert' des feuilles

Il est simple pour nous de voir des images couleur (R,V,B). Mais les images multi-spectrales sont plus compliquées. Pour simplifier les données multi-spectrales et pour exagérer la différence de vigueur, nous utilisons des indices végétatifs.

Plusieurs indices végétatifs existent. L'indice le plus commun utilise les différences importantes de réflectance rouge et proche-IR entre la végétation stressée et non-stressée

Ratio Simple = PIR/R

Normalised Difference Vegetation Index

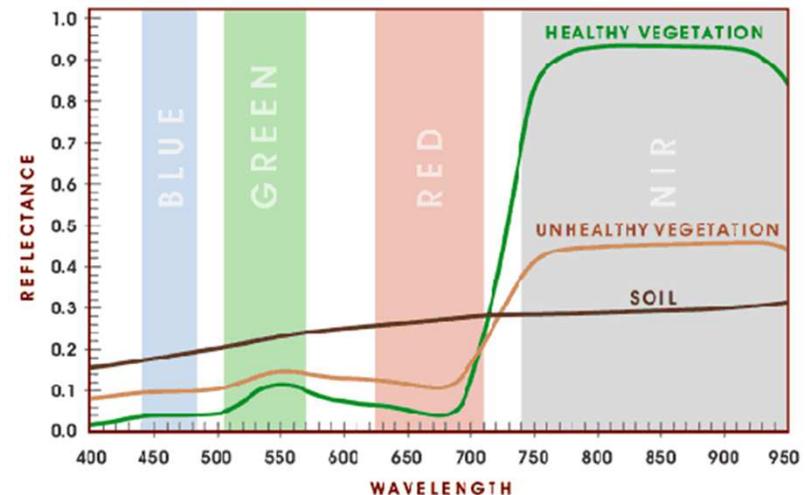
$$NDVI = (PIR - R) / (PIR + R)$$

(réponse normalisée avec les valeurs entre 0-1)

Ces indices sont bien connus, et pour cette raison, les capteurs les plus simples (2-bandes) mesurent R et PIR

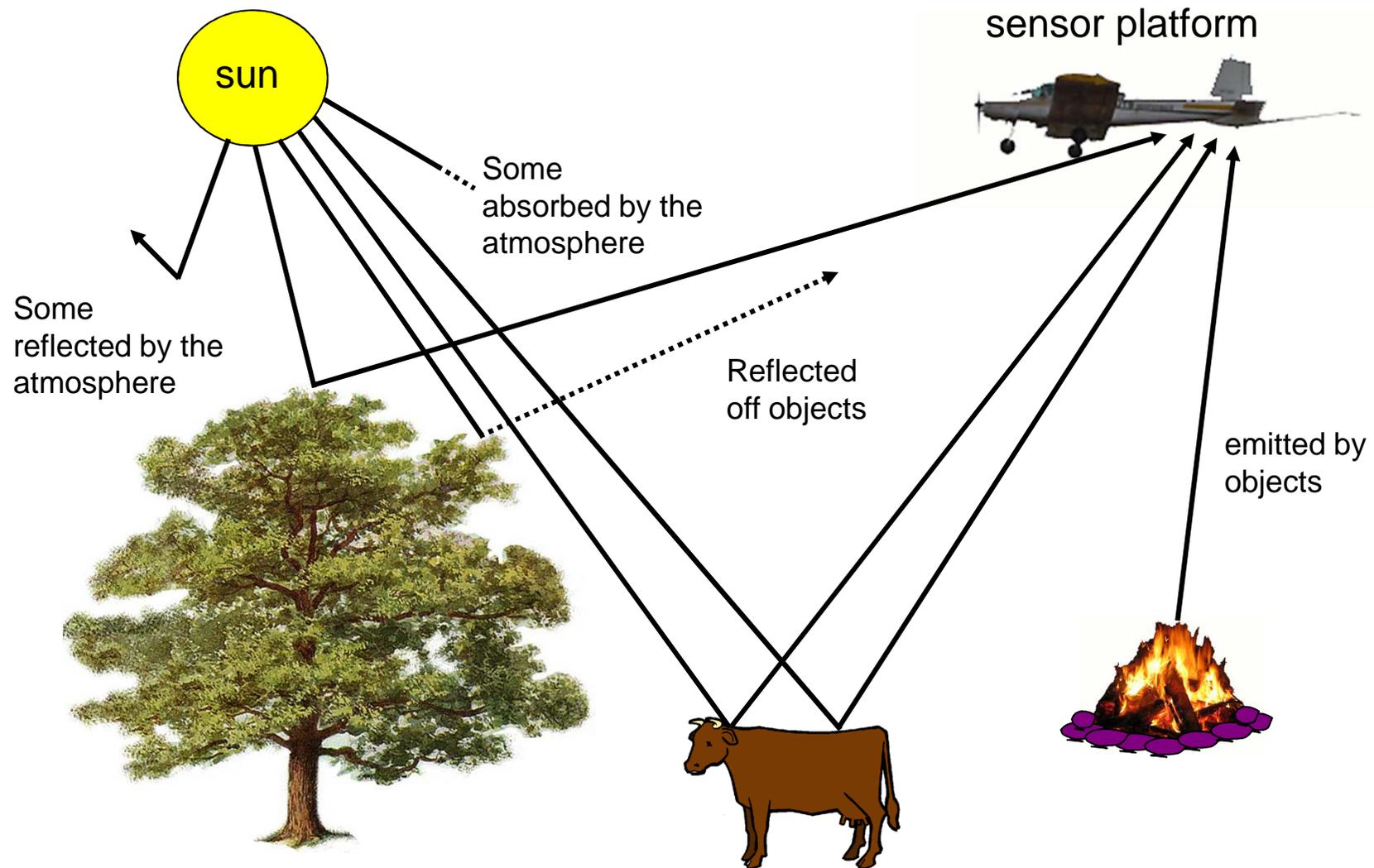
Plant Cell Density [**PCD**] (un nom très commun en viticulture à cause des Australiens)
mais **PCD = Ratio Simple**

Green Leaf Cover Vegetation (**GLCV**) pourcentage de surface qui est vert (sans enherbement!)



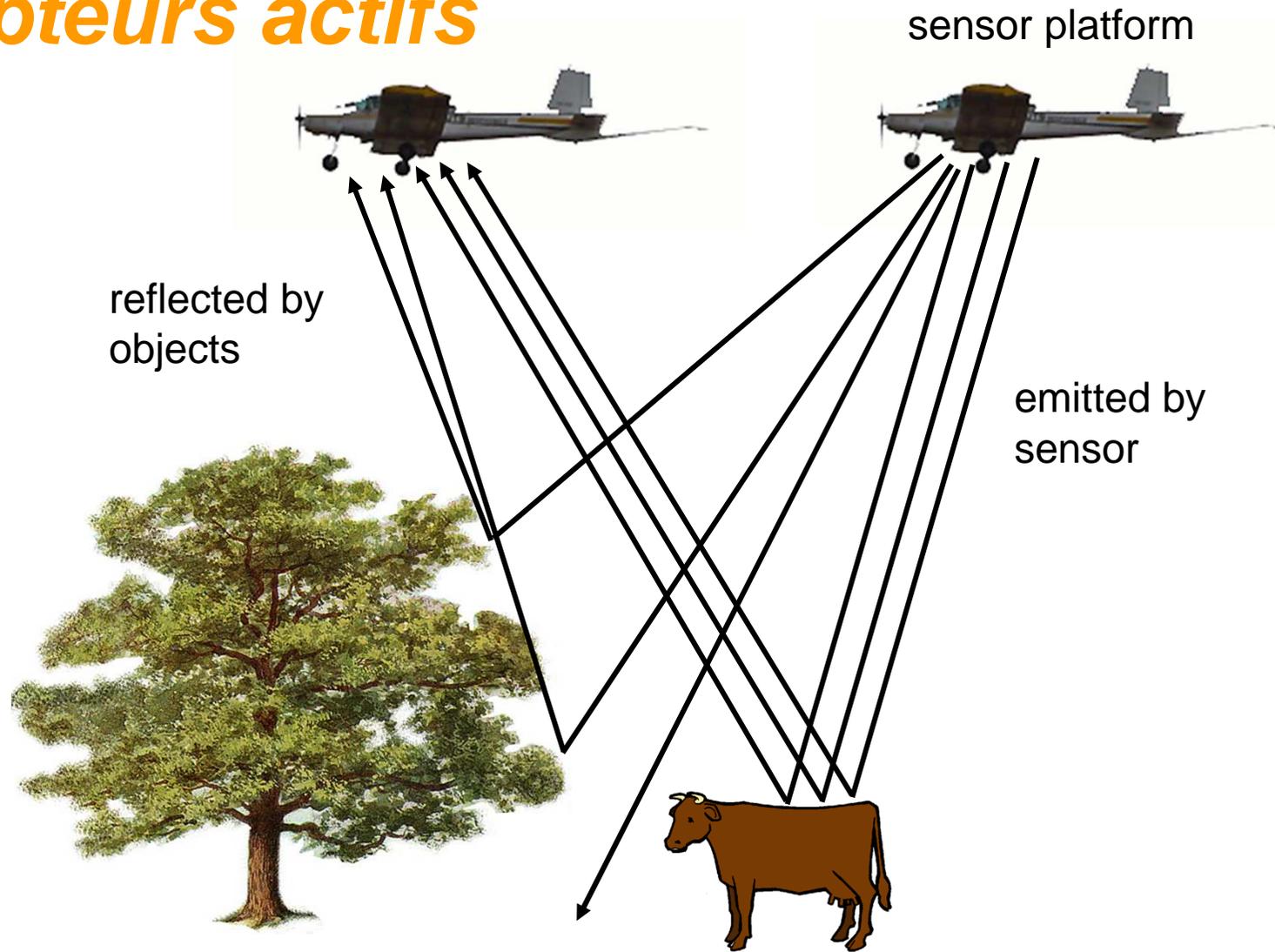
**Les capteurs optiques
peuvent être passifs ou actifs**

Capteurs passifs



Capteurs passifs: mesurent l'énergie électro-magnétique (solaire) qui est réfléchi par la végétation (ou les émissions thermiques, γ -radiation etc.)

Capteurs actifs



Capteurs actifs: émet l'énergie électro-magnétique et mesure la réflectance (capteurs optiques mais aussi LIDAR, RADAR, EMI etc.)

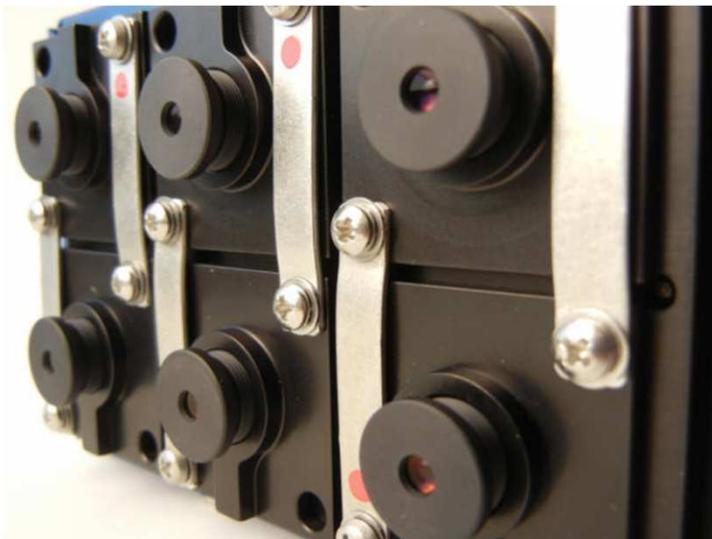
Types de données du capteur

Peut être RASTER (comme une image)

ou

POINT données (irrégulière)

Passif télédétection
(Raster)



Camera array

Distant ou Proche
Raster ou Point

En général, les instruments sont constitués de plusieurs capteurs et de filtres (un filtre pour chaque bande mesurée)

Actif proxi-détection
(point)

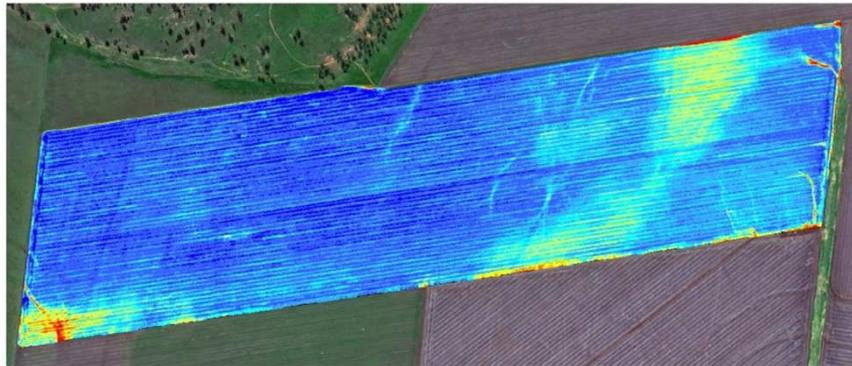
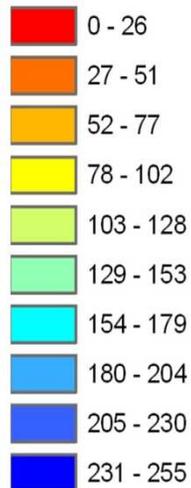


réflectance
mesuré

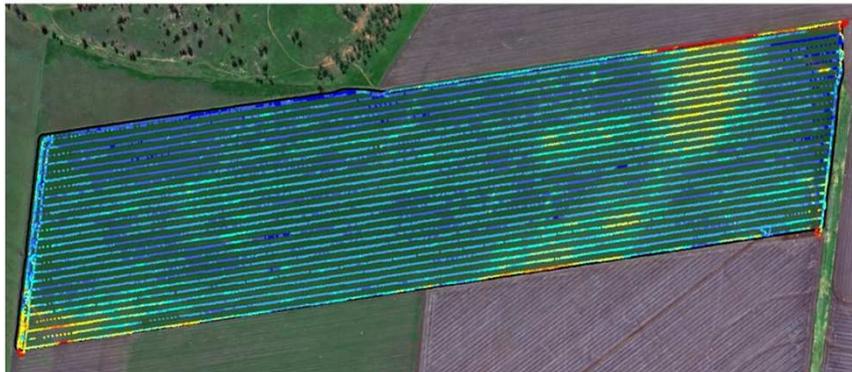
émission

Données des capteurs optiques

scaled NDVI



NDVI calculé du
image aérienne
(RASTER)



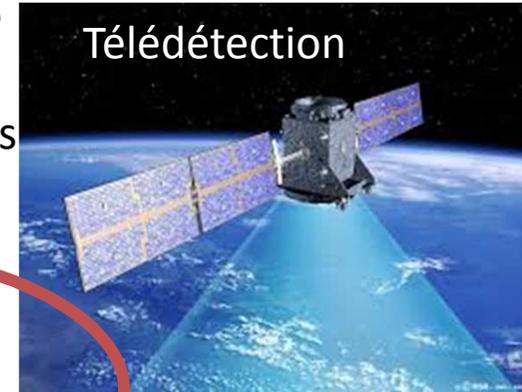
NDVI calculé du
capteur proximal
(POINT)

Comparaison entre la vigueur d'un capteur qui fait une image (raster) et un capteur ponctuel – les capteurs sont différents mais ils utilisent les mêmes principes physiques - donc, les résultats sont similaires



Téledétection

Aérienne ou satellite
RASTER seulement
Multispectral cameras
(vignoble entière)



Téledétection

vue verticale

Terrestre
POINT seulement
(GNSS geo-reference)



Proxi-détection



Proxi-détection

Drone (ou basse-altitude avion)
RASTER ou **POINT**
(Normalement plusieurs images
[rasters] pour un seul vignoble)

Chaque plate-forme as des challenges uniques

Quatre Attributs de Résolution

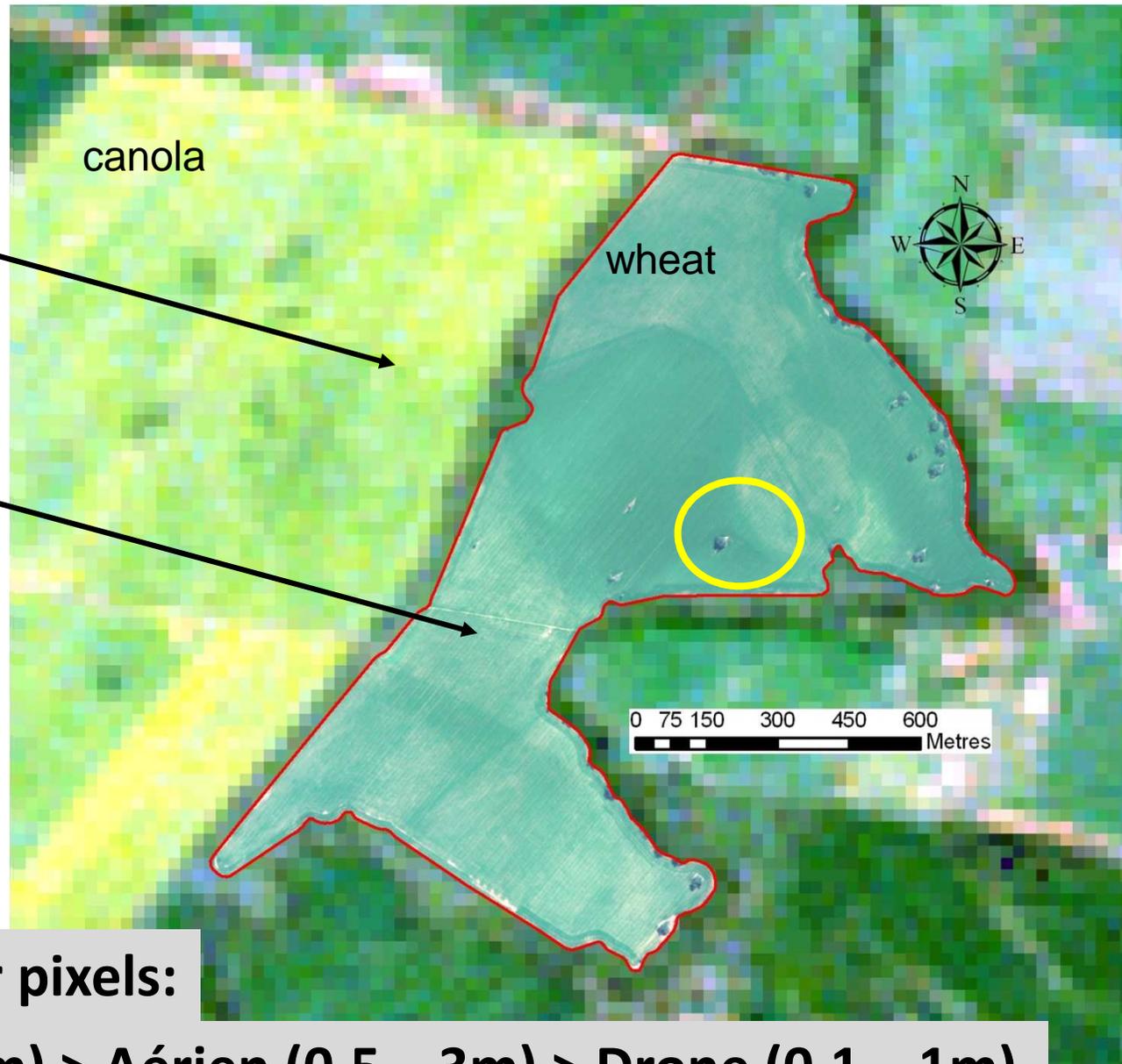
- **Spatiale**: le plus petite unite visible. En fonction de la taille des pixels (raster) ou de la trajectoire suivie pour les capteurs ponctuels.
- **Spectrale**: le nombre de bandes mesurées dans le spectre EM (et le largeur des bandes).
- **Radiometrique**: le nombre de valeurs disponibles pour discriminer la réflectance dans chaque bande. Normalement 8-bit (256 valeurs) (Moins important)
- **Temporelle**: Le temps entre une image (ou sondage) et la suivante (sur le même domaine)

Résolution Spatiale

25 metre pixel
image satellite

< 2 metre pixel
image aeriene

plus petits pixels
=
plus détails



En général, pour pixels:

Satellite (2 – 30m) > Aérien (0.5 – 3m) > Drone (0.1 – 1m)

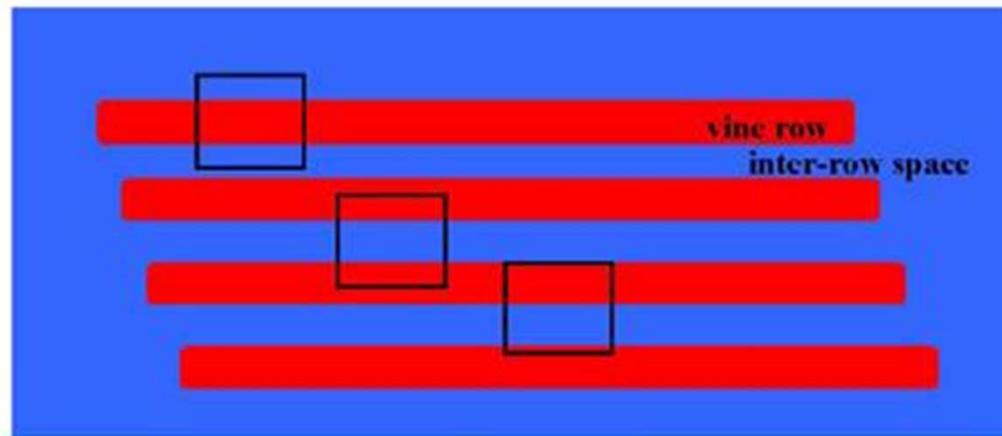
Résolution Spatiale

Téledétection (avion/satellite)

Plus de résolution \neq plus d'information

Ideal : **taille de pixel = largeur des rangs (inter-rangs)**

Tous les pixels sont mixtes, mais le proportion de surface de la vigne dans chaque pixel est constant. Plus de réflectance est indicatif de plus de vigueur



Different pixel locations will give the same combined signature for vines of similar spatial extent

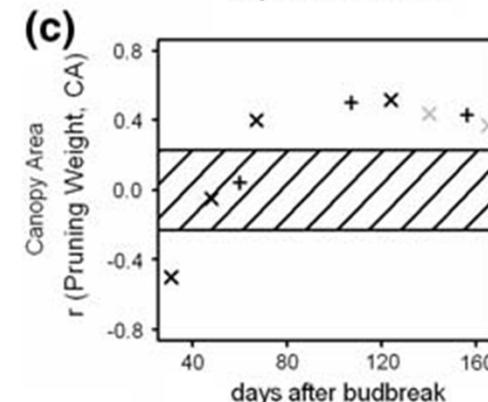
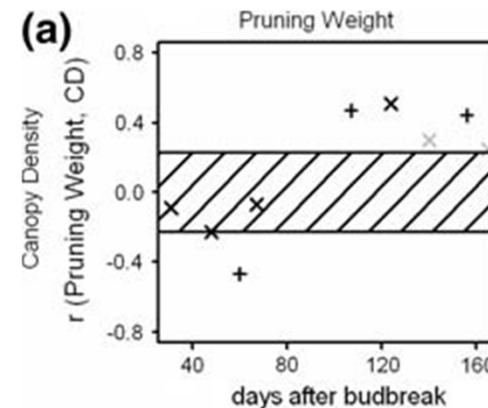
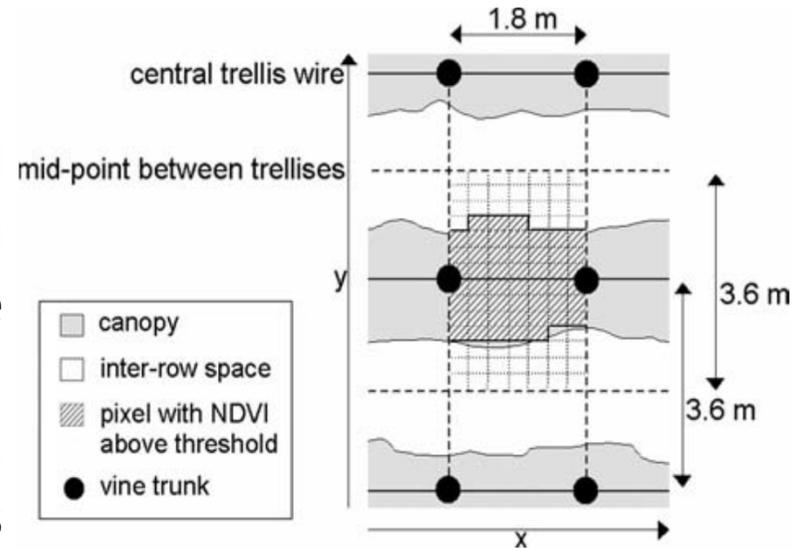
Par contre, avec 1 m pixel et 3 m rangs, il y a des pixels pur de la vigne, pur d'inter-rangs et les pixels mixte. Vraiment difficile a analyser.

L'hypothèse – réflectance d'enherbement n'existe pas (ou très faible). Développement de la vigne est nécessaire. Imager à veraison recommander (ne marche pas au debut de la saison).

Résolution Spatiale

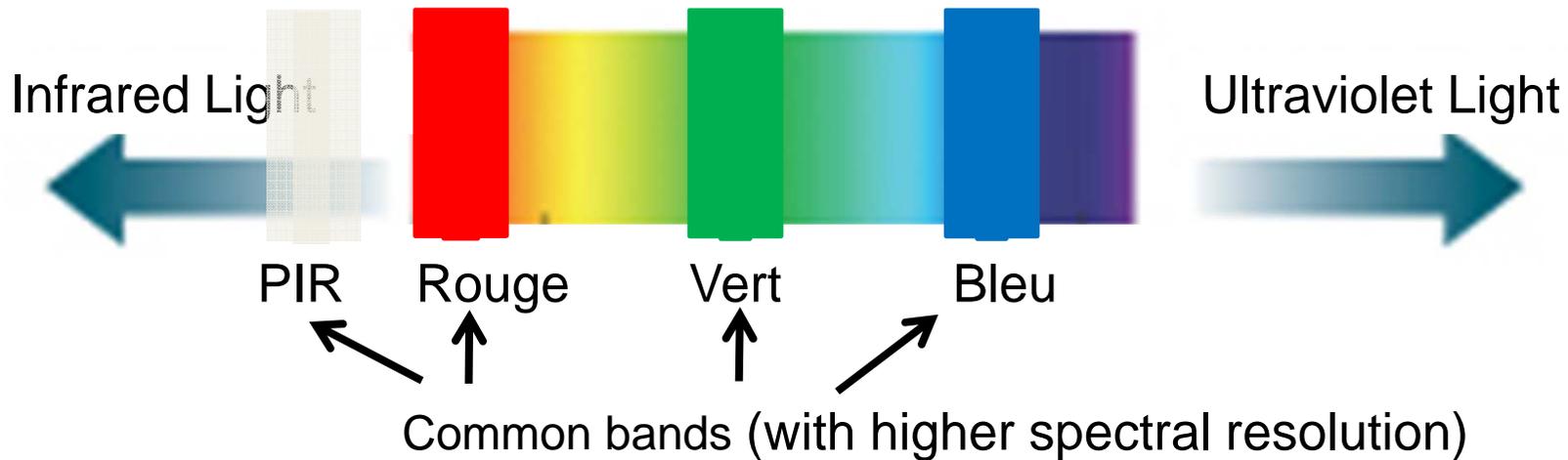
Images de très haute résolution (< 0.5m). Il est possible d'identifier les pixels pur de la vigne, s'il y a gros différences de réflectance entre la vigne et l'inter-rangs (enherbement). C'est possible dans les climats chaud/sec. Difficile dans les régions humide. Il y a des besoins en post-traitement avancés. Encore du domaine de la recherche.

Mesurer une surface projetée de vigne avec cette résolution ne nécessite pas d'information spectrale (le visible suffit)



Résolution Spectrale

Est déterminée i) par le nombre de bandes et, ii) la largeur de chaque bande.



Spectre EM est continu

mais les capteurs utilise les filtres pour capturer le reflectance dans l'ondes specific.

Plus les bandes sont fines, le plus haute le resolution spectrale.

Capteur Multi-spectral < 10 bandes

Capteur Hyper-spectral > 20 (normalement 100+) bandes

Mais, s'il y a des autres bandes... beaucoup de possibilités

Table 1 Spectral indices used in the present study calculated using MCA sensor set of bands

Index	Equation	References
Chlorophyll absorption ratio	$CAR = \frac{[(R700-R500)*670+R670+(R550-((R700-R500)*670)+550)]}{\sqrt{((R700-R500)*670)^2}}$	Broge and Leblanc (2001)
Chlorophyll absorption ratio	$CAR1 = CAR * \frac{R700}{R670}$	Kim et al. (1994); Broge and Leblanc (2001)
Greenness index	$GI = \frac{R550}{R670}$	Zarco-Tejada et al. (2005a, b)
Green normalized difference vegetation index	$GNDVI = \frac{R800-R550}{R800+R550}$	Gitelson and Merzlyak (1998)
Modified chlorophyll absorption in reflectance	$MCARI = [(R700 - R670) - 0.2 * (R700 - R550)] * (R700/R670)$	Daughtry et al. (2000)
Modified chlorophyll absorption in reflectance	$MCARI1 = 1.2 * [2.5 * (R800 - R670) - 1.3 * (R800 - R550)]$	Haboudane et al. (2004)
Modified chlorophyll absorption in reflectance	$MCARI2 = \frac{1.2*[2.5*(R800-R670)-1.3*(R800-R550)]}{\sqrt{(2*R800+1)^2-6*(R800-5*R670)-0.5}}$	Haboudane et al. (2004)
Improved SAVI (soil-adjusted VI) with self-adjustment factor L	$MSAVI = \frac{1}{2} * \left(2 * R800 + 1 - \sqrt{(2 * R800 + 1)^2 - 8 * (R800 - R670)} \right)$	Qi et al. (1994)
Modified simple ratio	$MSR = \frac{(R800/R670)-1}{\sqrt{(R800/R670)+1}}$	Chen (1996)
Modified triangular VI	$MTVI3 = 1.2 * [1.2 * (R800 - R550) - 2.5 * (R670 - R550)]$	Rodríguez-Pérez et al. (2007)
Normalized difference vegetation index	$NDVI = \frac{R800-R670}{R800+R670}$	Rouse et al. (1974)
Optimized soil-adjusted vegetation index	$OSAVI = (1 + 0.16) * (R800 - R670)/(R800 + R670 + 0.16)$	Rondeaux et al. (1996)
Simple ratio index	$SRI = \frac{R800}{R670}$	Jordan (1969)

Plus il y a de bandes spectrales, plus d'opportunités à faire un ratio nouveau

Les indices propriétaires existent aussi (avec des bandes uniques)

TCARI/OSAVI	$TCARI/OSAVI = \frac{3*[(R700-R670)-0.2*(R700-R550)]*(R700/R670)}{(1+0.16)*(R800-R670)/(R800+R670+0.16)}$	Haboudane et al. (2002)
-------------	---	-------------------------

Résolution temporelle

Le temps entre une acquisition et la suivante (sur le même domaine)

- **Pour des images satellites, il est dépendant du temps pour faire une orbite complète et si un image off-nadir est possible.**
- **Une seule chance par orbite – risque de nuage or de l'ombre**
- **Plateformes aériennes plus flexibles mais dépendent de la disponibilité des capteurs (peu de plateformes commerciales) et les conditions climatiques. Il faudra faire des images proches de midi solaire.**

Résolution temporelle

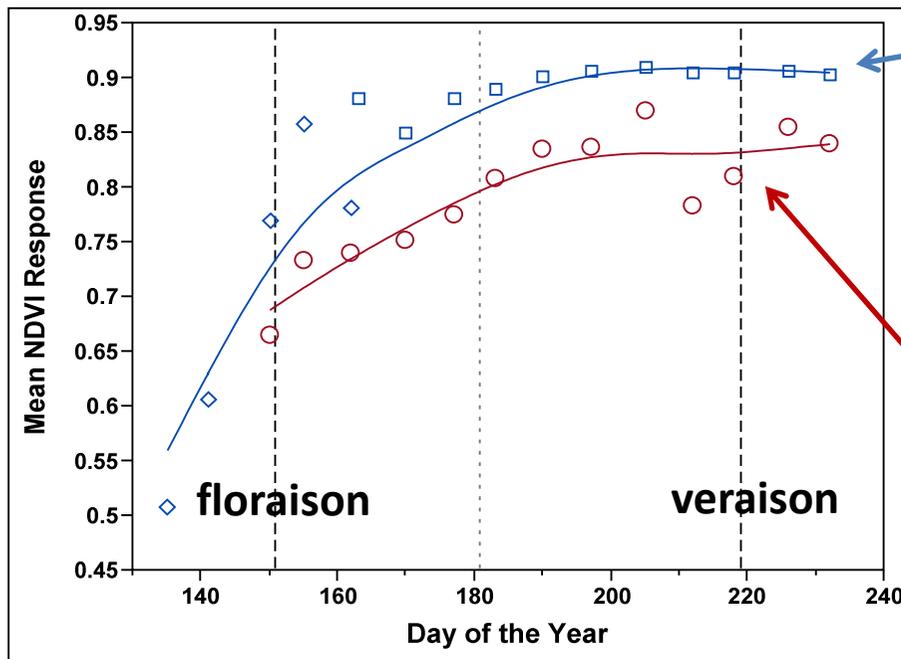
Résolution temporelle est une différence importante entre les types de plateformes qui font l'acquisition.

Systemes du drone ou terrestre (tracteur), ou c'est le producteur qui fait l'acquisition, sont beaucoup plus flexibles que les missions aériennes ou les systèmes satellites.

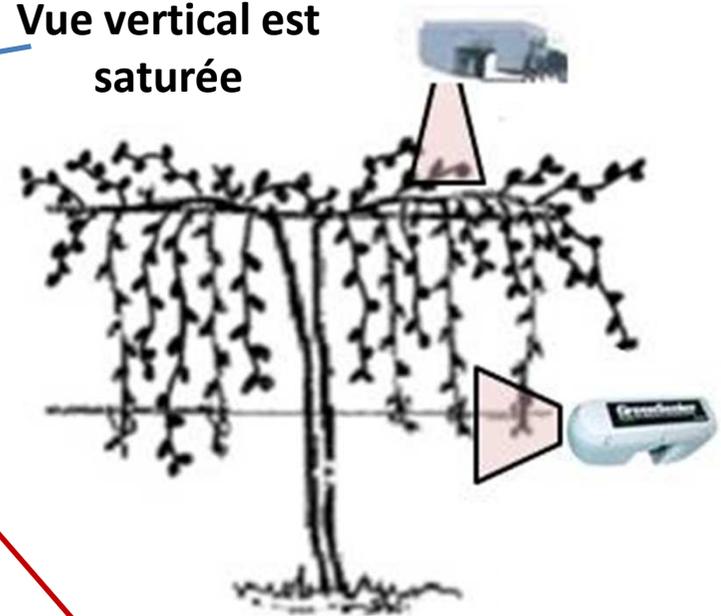
Mais, en général proxi-détection nécessite plus de travail (post-traitement des données, interpolation des données) qu'une image aérienne/satellite à la résolution correcte (largeur des rangs)

Remarques et précisions

Les indices de végétation sont normalement saturés avec un LAI > 3 (3 m² de feuille sur 1 m² de sol). C'est normal avec une vue vertical de feuillage après floraison. C'est un problème pour les pixels purs de végétation et pour les capteurs de proxi-détection ponctuels.



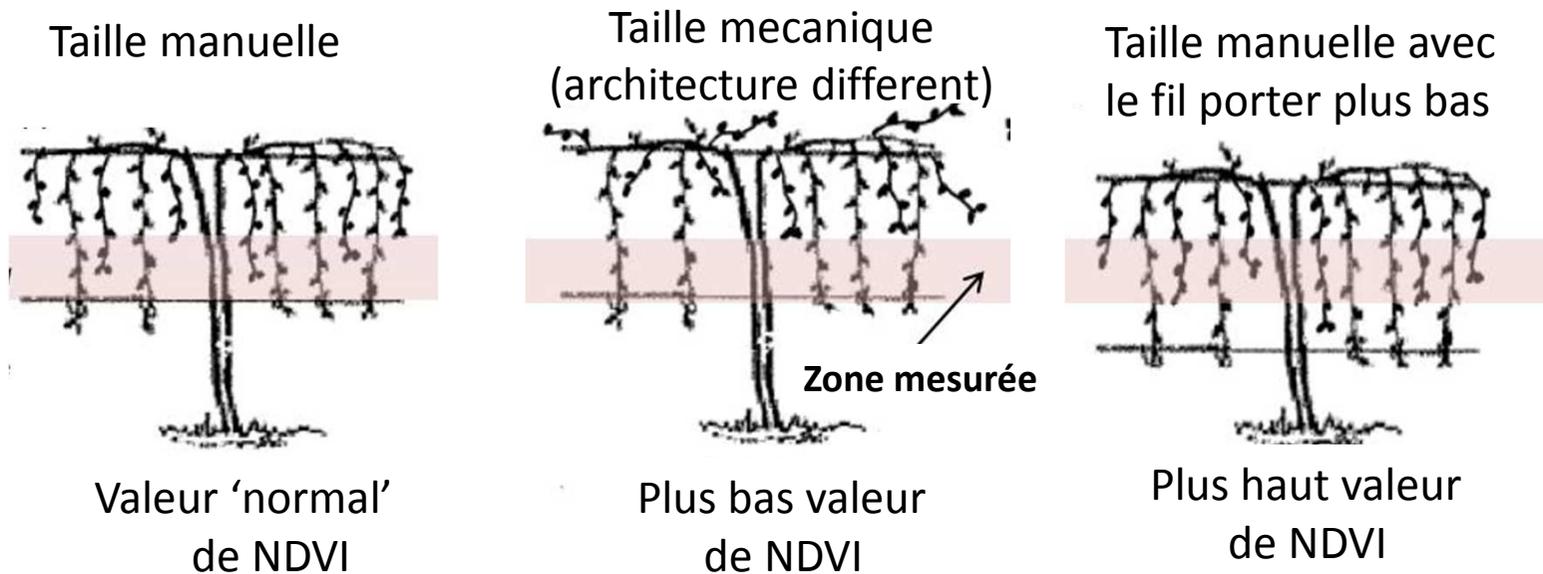
Vue vertical est saturée



Zone de croissance des rameaux

Remarques et précisions

Les valeurs des indices sont relatifs! Pas absolus. Pour convertir une indice en une information agronomique (par exemple les poids de taille), un étalonnage local est nécessaire. Les pratiques culturales (mode de conduite) sont susceptibles d'affecter les valeurs mesurées.



3 vignes, chacun 1 kg des poids de bois de taille – mais le NDVI (avec le hauteur de capteur fixe) est different entre le trois

Quel est le meilleur système?

C'est dépendent de :

les conditions de vignoble (gestion, climat, etc.)

l'objectif de la cartographie,

disponibilité des plateformes,

le prix des services,

...

Capteurs optiques pour estimer le poids de taille dans le vignoble commercial dans une région froid (très froid!)

Caractéristiques

**Région de viticole á coté du Lac Erie (Etat de NY proche du Canada).
15 000 ha de vignoble. La plus grande région viticole aux Etats Unis en
dehors de la Californie (Californie > 400 000ha)**

Sprawl canopies (un seul fils en haut). Cépages pour jus (*V. labruscana*)

L'inter-rangs en enherbement pendent la saison (exces d'eau)

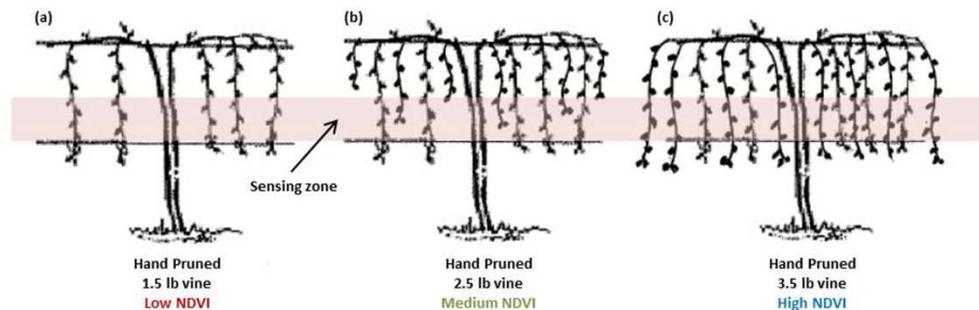
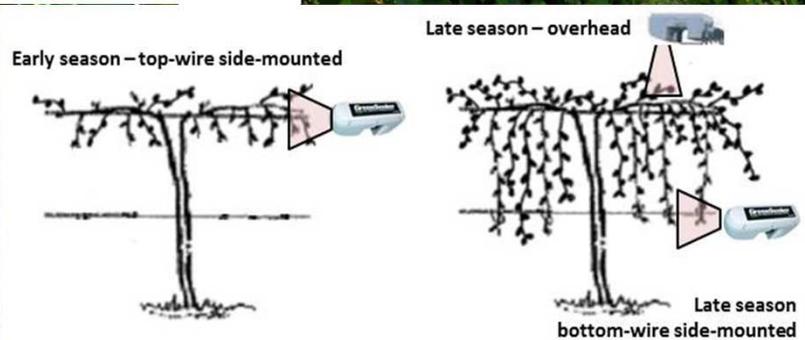
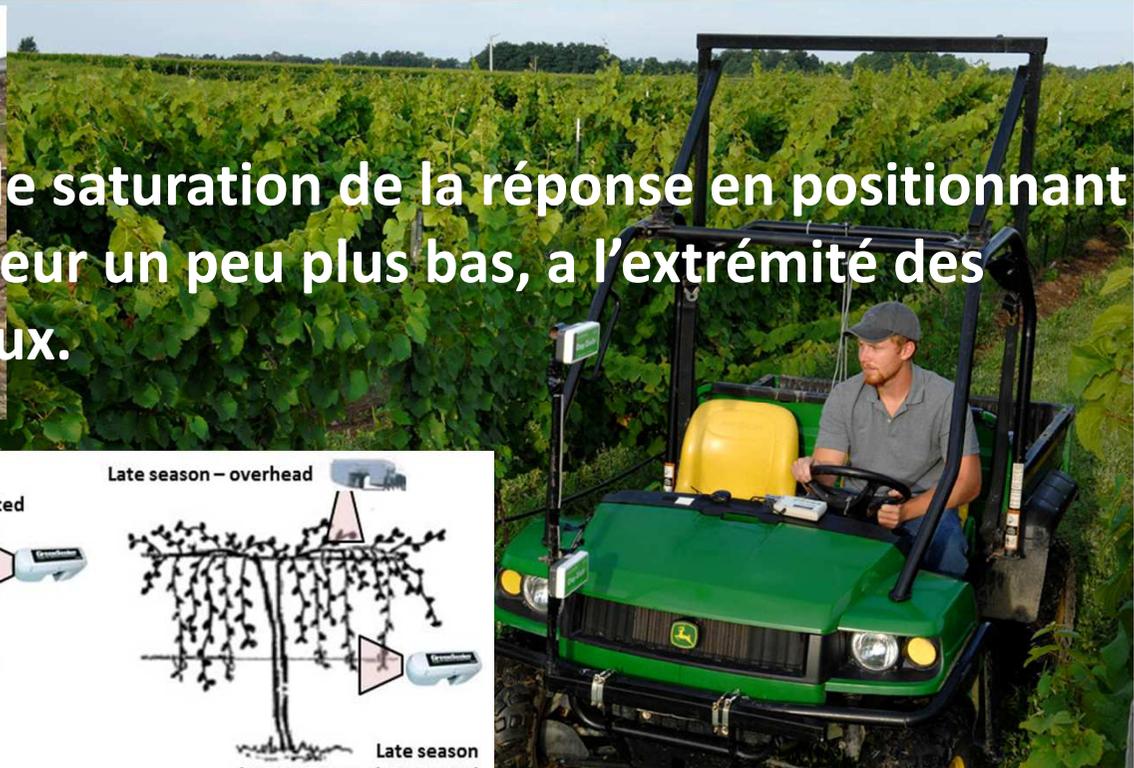
Temps généralement couvert (Plein de nuages)

Risque d'attaque fongiques élevés – pulvérisation fréquente.

Une préférence pour une plateforme terrestre avec un capteur ponctuel.



Eviter le saturation de la réponse en positionnant le capteur un peu plus bas, a l'extrémité des rameaux.



Estimer le taille de la vigne

Questions principales:

Quel est la meilleure

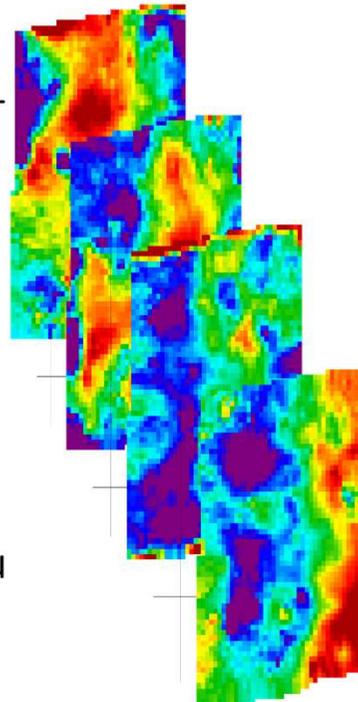
- orientation du capteur
- date (étage de phénologie)

Pour estimer

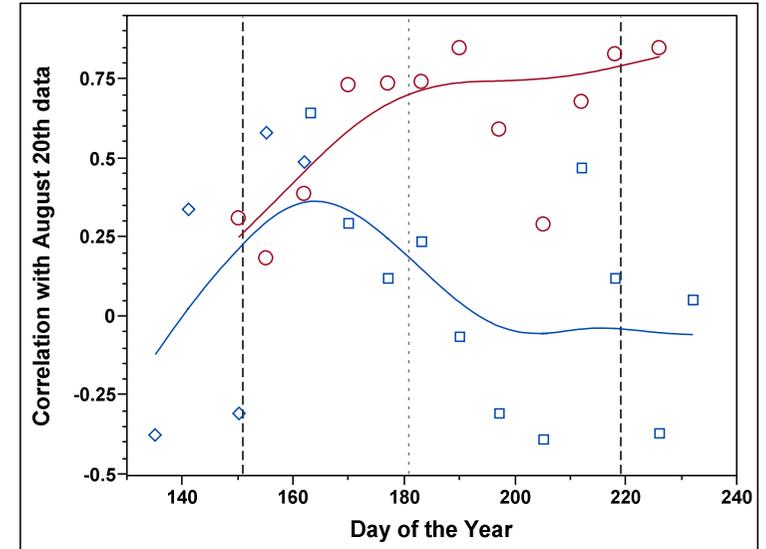
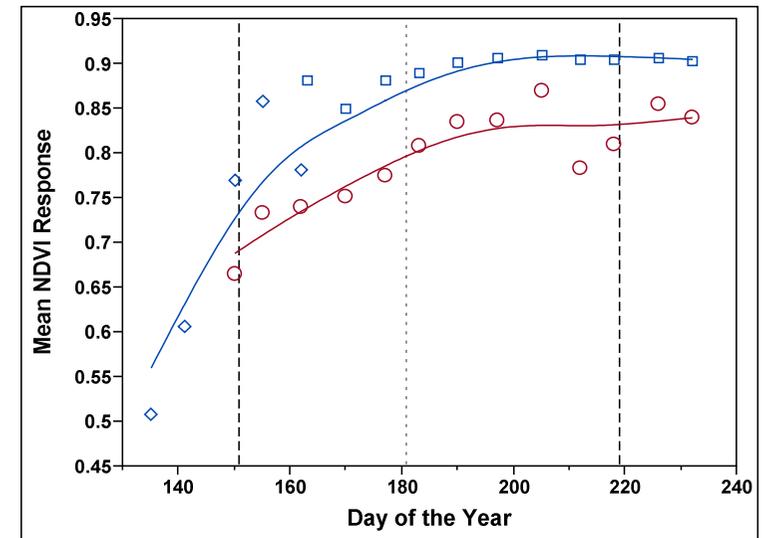
poids de bois de taille
rendement

Comment evolue la réponse spatiale de la vigne au cours de la saison? Est-ce qu'une seule image à véraison (comme d'habitude maintenant) est la meilleure information pour la gestion de la vigne?

Pour la vendange selective – oui, mais véraison est trop tard pour changer le productivite de la vigne au cours de la saison.



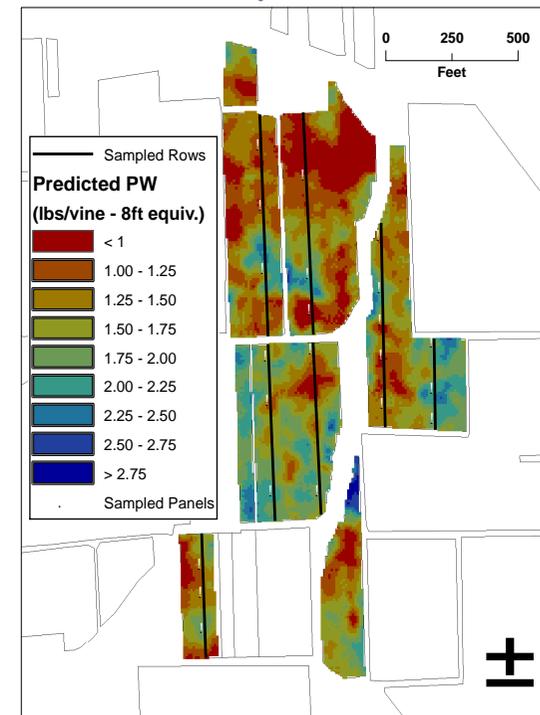
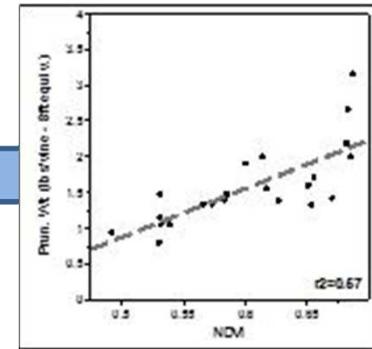
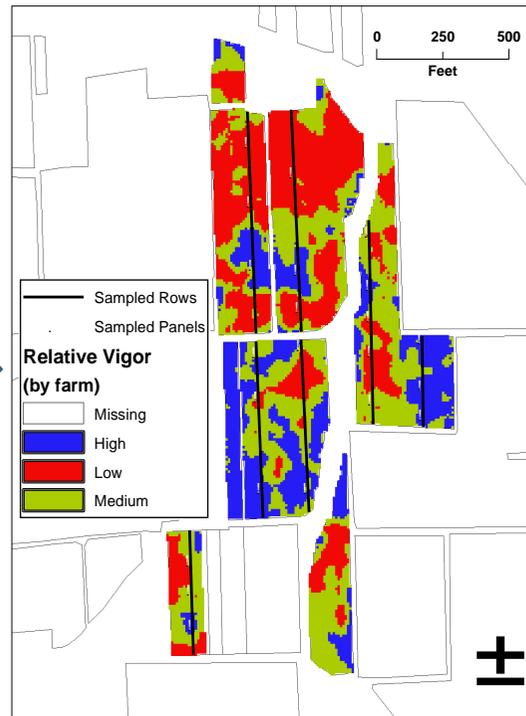
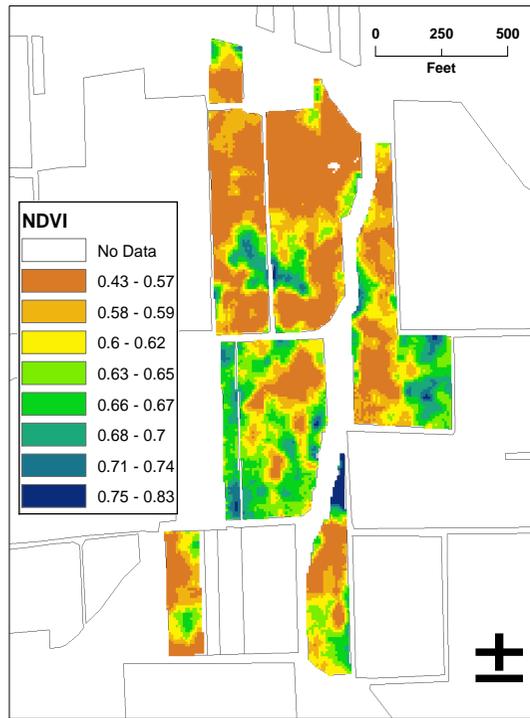
Vue vertical est saturée



Bleu = vue vertical

Rouge = Zone de croissance
des rameaux

Estimer le poids de taille avec des infos a veraison



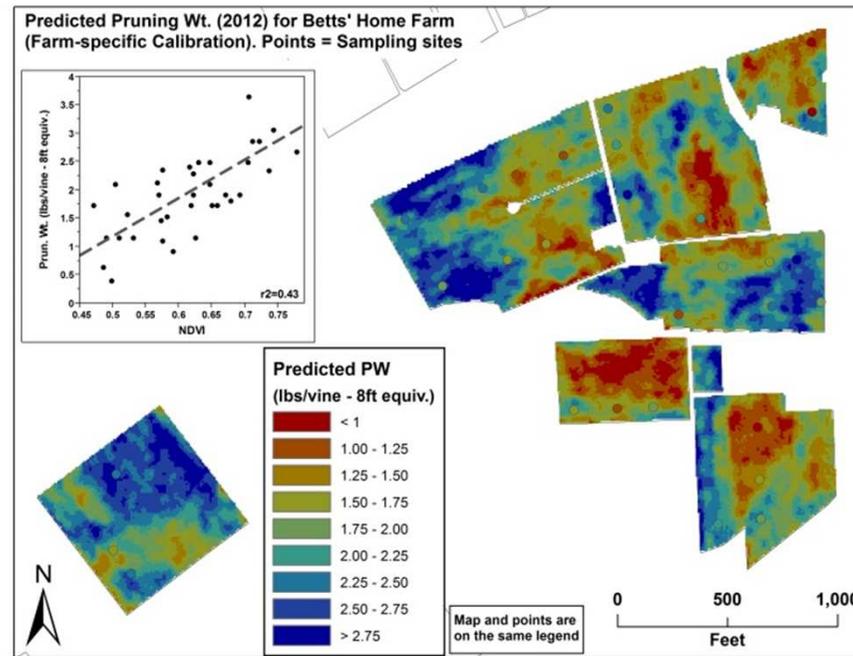
Protocol pour les producteurs

Cornell Sondage (9 sites)

Grower	R ²	RMSE
Kelley	0.52	0.34
Ark	0.45	0.41
Falcone	0.70	0.44
CLEREL	0.50	0.49
Meehl	0.64	0.60
Klenz	0.03	0.71

Resultats des vignobles commercial

Field	R ²	RMSE
East/West	0.73	0.19
Home	0.64	0.41
North/South	0.62	0.4
Fredonias	0.62	0.31
Academy	0.56	0.25
SthDeakin	0.52	0.41
Big Field	0.50	0.31
NthDeakin	0.49	0.29
Merino	0.42	0.28
Subs East2	0.41	0.32
Subs West	0.40	0.52
Above Fredonias	0.04	0.19



Exemples de montage



Merci à tous