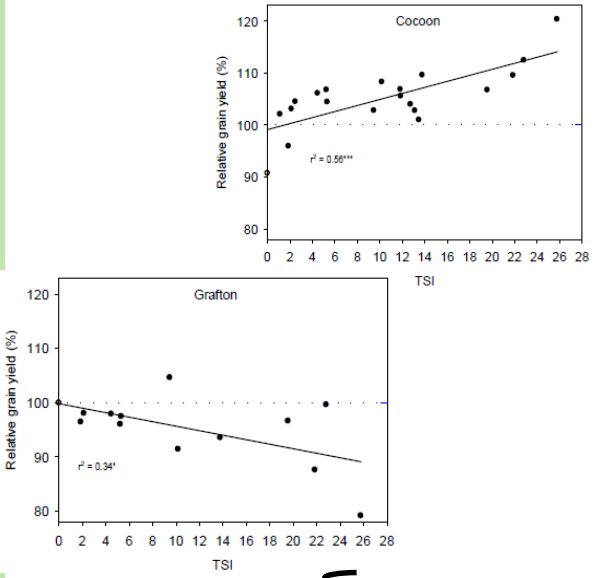
Identification de traits de tolérance à la sécheresse et élaboration d'outils d'aide à leur évaluation

Jean-Charles DESWARTE

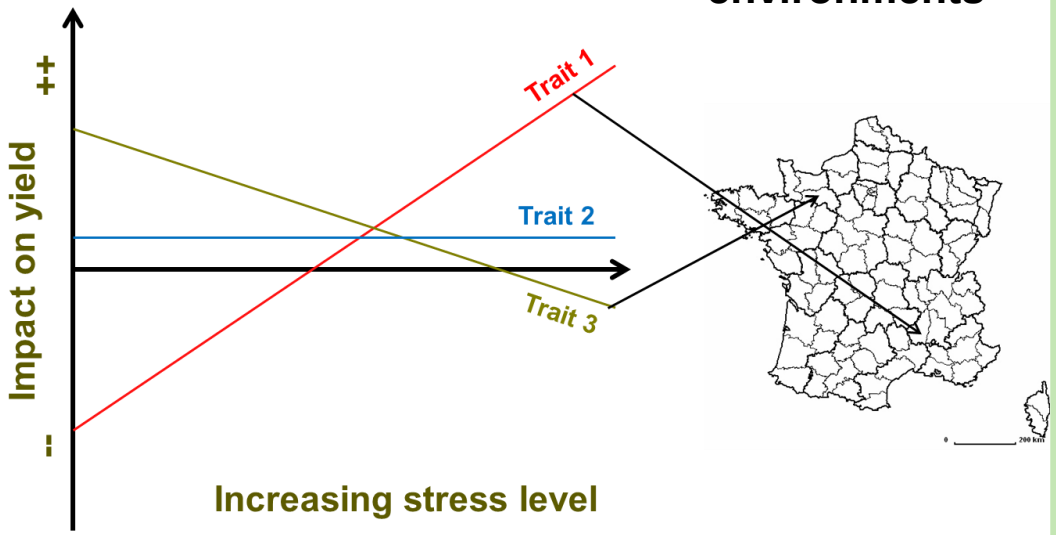
ARVALIS Institut du végétal

Identification de traits de tolérance à la sécheresse et élaboration des outils d'aide à leur évaluation

Variable water supply generates GxE interaction → **Which *traits* impact the GxE interaction?** → **Which traits are favourable in contrasting environments**



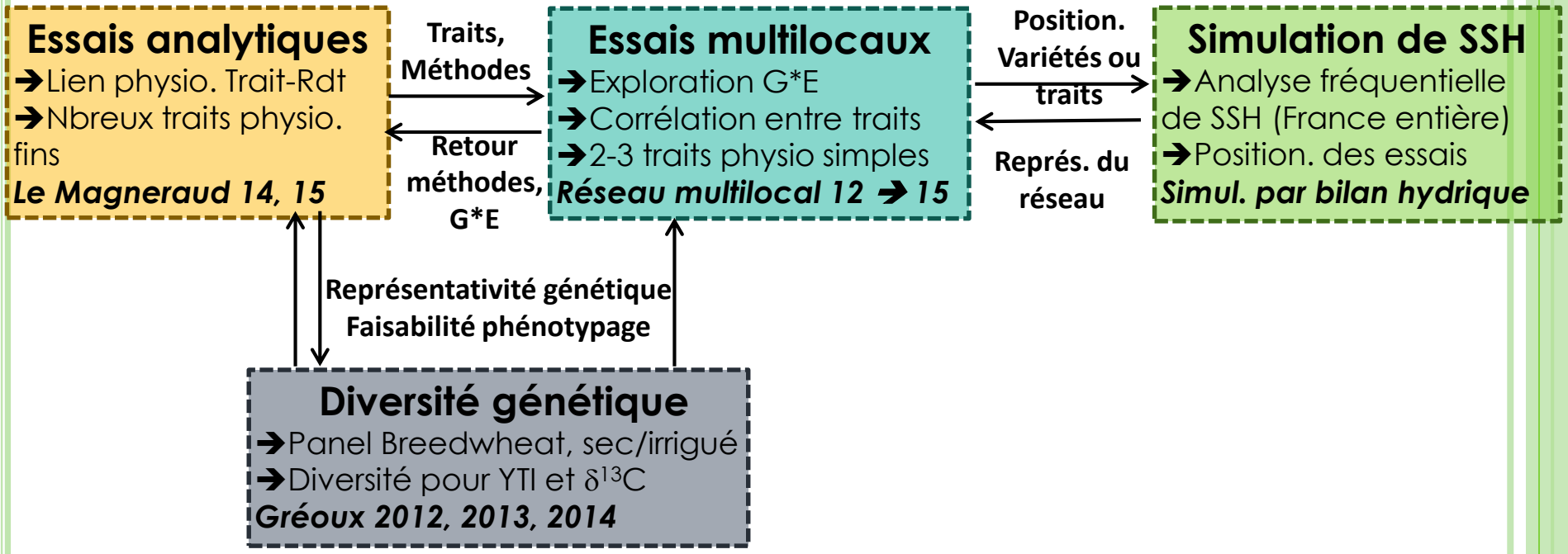
Source: Ober and Turner, 2013, HGCA



Hypothèses de départ:

- *Les variétés ne répondent pas de manière identique au stress hydrique*
- *Le scénario de stress hydrique peut influencer cette interaction*
- *On peut associer des traits physiologiques simples à ces réponses*
- *On peut identifier quelques méthodes utilisables en routine et à grande échelle pour faciliter le travail de sélection*

Identification de traits de tolérance à la sécheresse et élaboration des outils d'aide à leur évaluation



?

1. ***A quels scénarios de stress hydrique font face les blés français?***
2. ***Existe-t-il de la variabilité génétique pour la réponse du rendement au stress hydrique?***
3. ***Quelle valorisation peut-on faire des mesures isotopiques?***
4. ***Imagerie, drones: quelles mesures, quelles perspectives?***

Identification de traits de tolérance à la sécheresse et élaboration des outils d'aide à leur évaluation

1. *A quels scénarios de stress hydrique font face les blés français?*

Journal of Experimental Botany, Vol. 62, No. 6, pp. 1743–1755, 2011
doi:10.1093/jxb/erq459

Journal of Experimental Botany
www.jxb.oxfordjournals.org

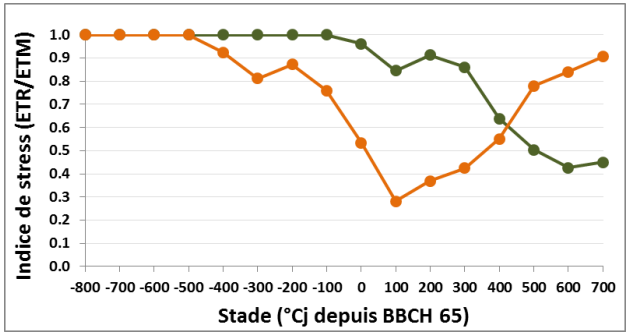
RESEARCH PAPER

Environment characterization as an aid to wheat improvement: interpreting genotype–environment interactions by modelling water-deficit patterns in North-Eastern Australia

K. Chenu[1,2,*], M. Cooper[3,†], G. L. Hammer[4], K. L. Mathews[5,‡], M. F. Dreccer[6] and S. C. Chapman[5]

Simulation de bilan hydrique sur la base de cas-types:

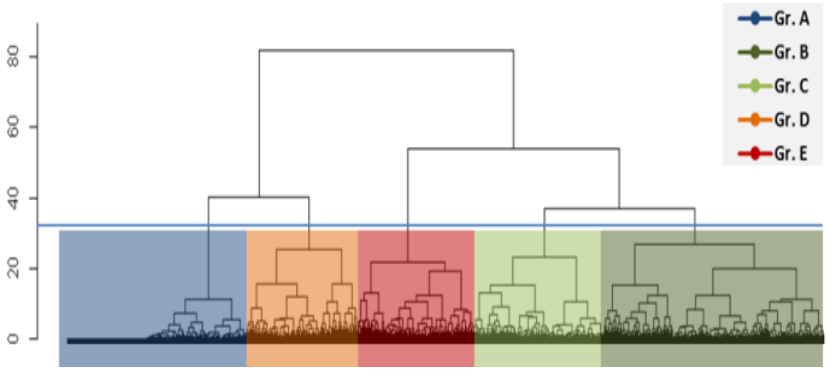
- **271 stations météo**
- **1 précocité*date de semis par dép.**
- **2 valeurs de RU (déc 2 et déc 8) définies à dire d'expert**
- **20 années (1997-2016)**
- **Calcul du ratio ETR/ETM à 16 dates entre BBCH 30 et BBCH 92**



➔ >10000 profils de stress hydrique. Traitement par classification ascendante hiérarchique

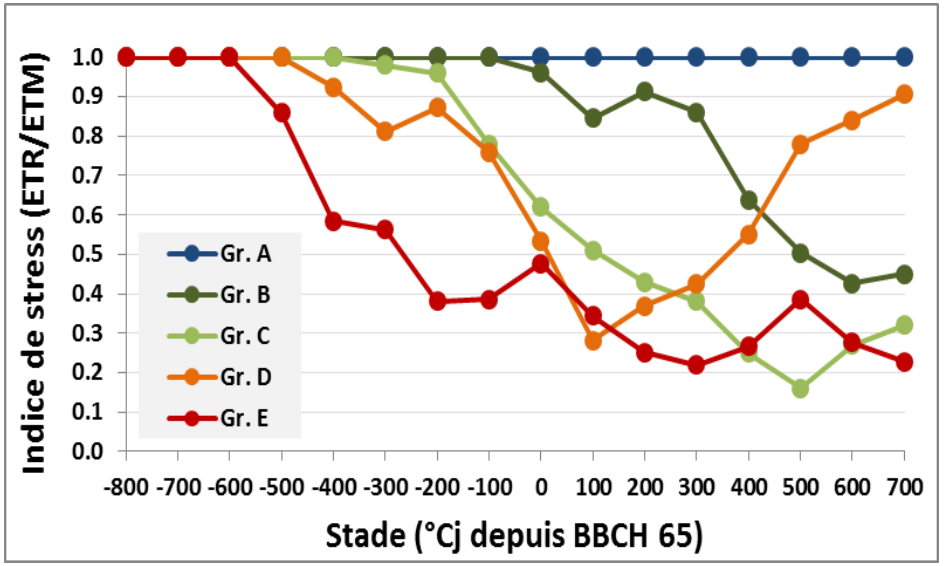
Identification de traits de tolérance à la sécheresse et élaboration des outils d'aide à leur évaluation

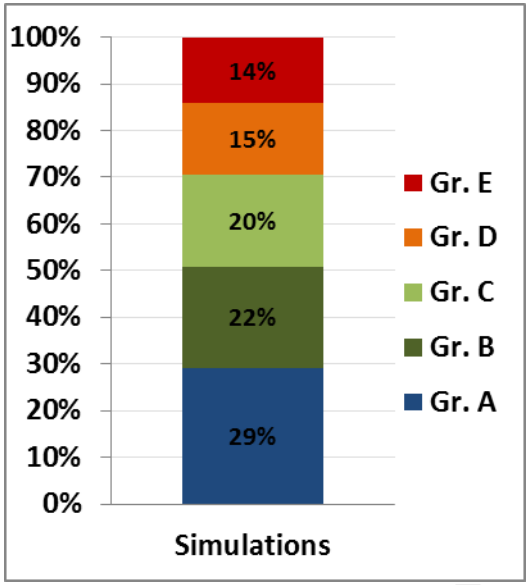
1. *A quels scénarios de stress hydrique font face les blés français?*

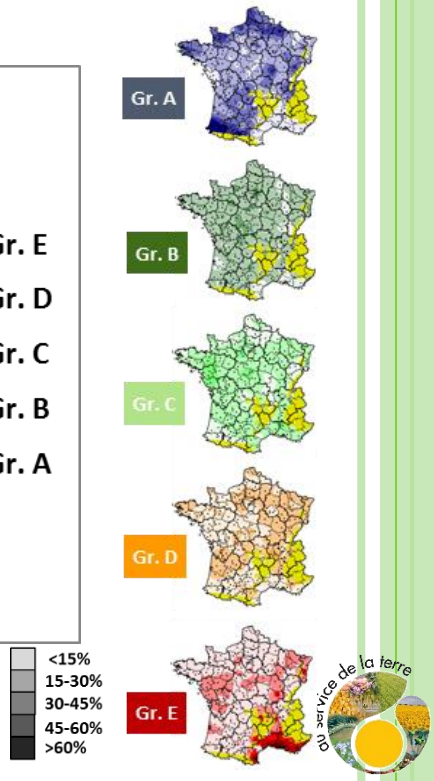


➔ **5 groupes différenciés**

➔ **Surtout un gradient de DH total, mais aussi un effet de cinétique (groupes C et D)**



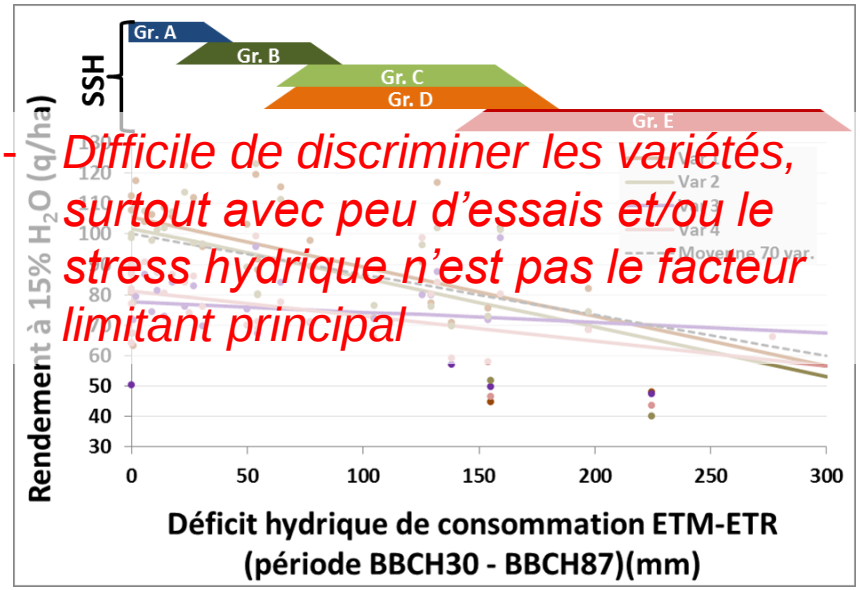




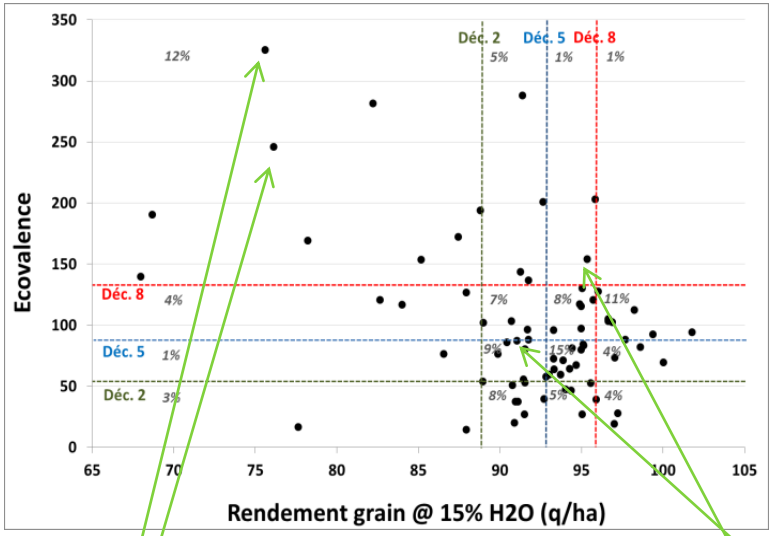
Identification de traits de tolérance à la sécheresse et élaboration des outils d'aide à leur évaluation

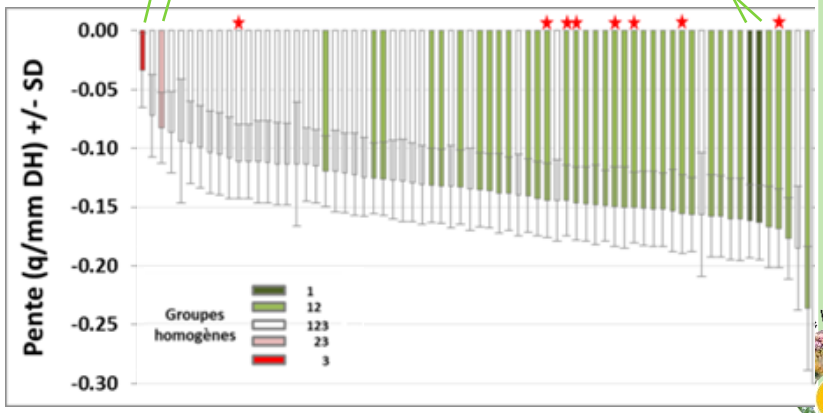
2. *Existe-t-il de la variabilité génétique pour la réponse du rendement au stress hydrique?*

- **37 essais variétaux entre 2011-2012 et 2014-2015**
- **70 variétés présentes dans >8 essais**
- **Alimentations hydriques variées**



- *Difficile de discriminer les variétés, surtout avec peu d'essais et/ou le stress hydrique n'est pas le facteur limitant principal*





Identification de traits de tolérance à la sécheresse et élaboration des outils d'aide à leur évaluation

3. *Quelle valorisation peut-on faire des mesures isotopiques?*

2 valorisations possibles ($\delta^{13}C$):

- **Caractérisation des conditions de croissance**

➔ *Sur 2 variétés témoins, dans 16 essais, 3-4 reps (blocs) par essai*

- **Caractérisation de l'efficience intrinsèque de l'eau**

➔ *Sur un panel variétal (70 variétés) , dans 25 essais, sans répétition*

Carbon Isotope Discrimination is Positively Correlated with Grain Yield and Dry Matter Production in Field-Grown Wheat[1]

A. G. Condon, R. A. Richards, and G. D. Farquhar[2]

ABSTRACT

Carbon isotope discrimination (Δ) is a measure of the ratio of the intercellular and atmospheric partial pressures of CO_2. Variation in Δ within some C_3 species, including wheat (*Triticum aestivum* L.), has recently been correlated with variation in water use efficiency of droughted plants grown in the glasshouse. The objectives of this study were to assess genotypic variation in a larger group of wheat genotypes grown at three locations, and to determine the relationship between yield of field-grown plants and Δ when water was not a limitation to growth. Twenty-four bread wheat genotypes, one durum (*Triticum turgidum* L. *durum*), and two triticale genotypes (x *Triticosecale rimpaui* Wittm.) were grown in replicated plots at two locations in southern New South Wales, Australia, in 1984. The

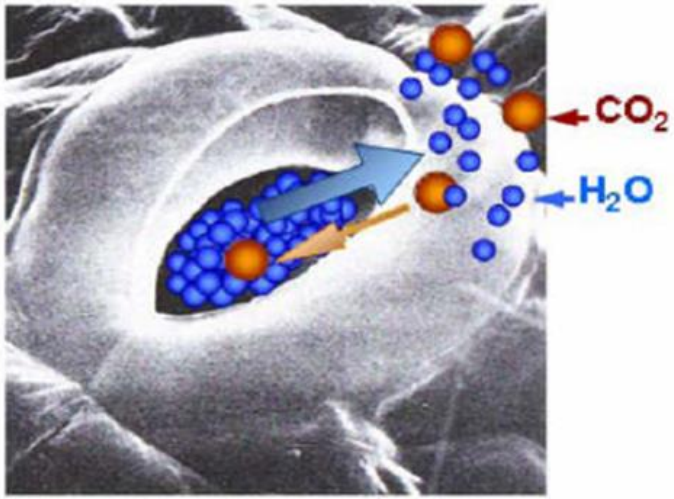
Oxygen isotope ratio of leaf and grain material correlates with stomatal conductance and grain yield in irrigated wheat

Margaret M. Barbour, R. Anthony Fischer, Ken D. Sayre and Graham D. Farquhar

Australian Journal of Plant Physiology 27(7) 625 - 637
Published: 2000

Abstract

Theory (Craig and Gordon 1965; Dongmann *et al.* 1974; Sternberg *et al.* 1986; Farquhar and Lloyd 1993) suggests that the oxygen isotope ratio (d ^{18} O) of plant material should reflect the evaporative conditions under which the material was formed, so that differences in stomatal conductance should show up in plant d ^{18} O. To test this theory we measured the oxygen isotope ratio of organic matter

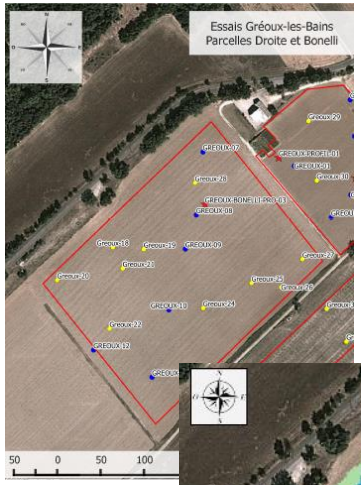


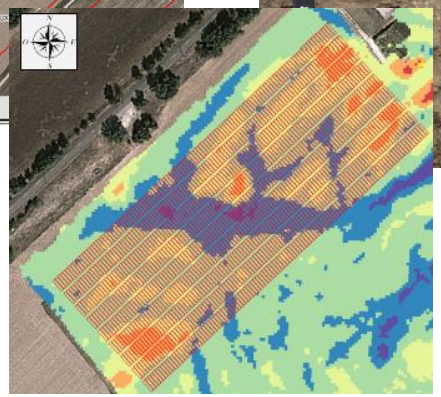
Identification de traits de tolérance à la sécheresse et élaboration des outils d'aide à leur évaluation

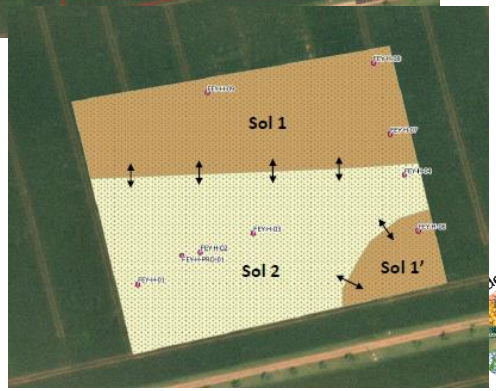
3. *Quelle valorisation peut-on faire des mesures isotopiques?*

- **Caractérisation des conditions de croissance**

➔ *Caractérisation du milieu par expertise/ mesures + hypothèses/ observations d'enracinement + données météo = bilan hydrique*





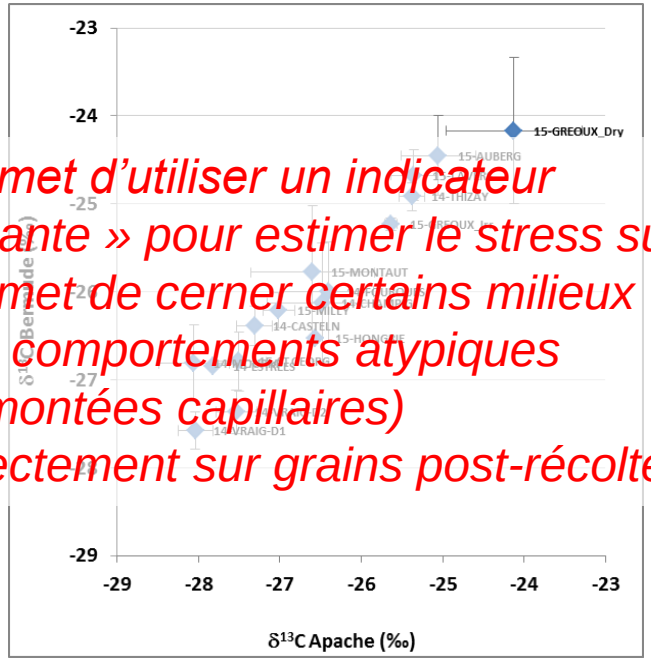


Identification de traits de tolérance à la sécheresse et élaboration des outils d'aide à leur évaluation

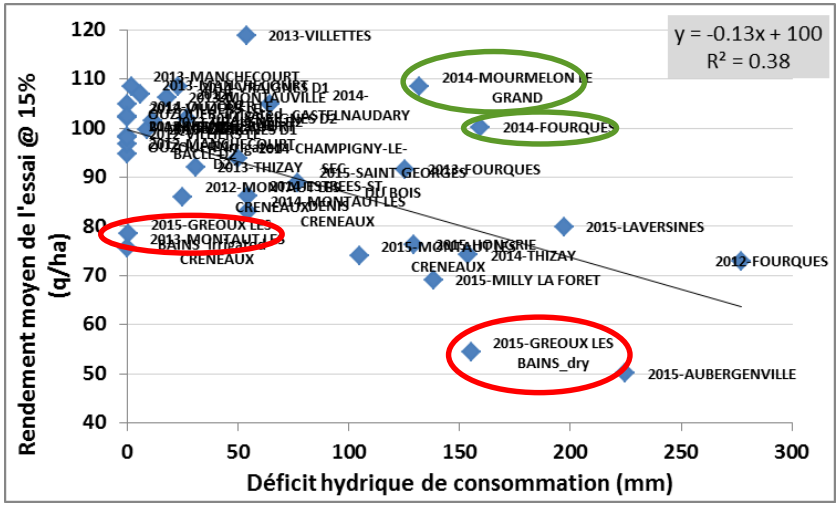
3. *Quelle valorisation peut-on faire des mesures isotopiques?*

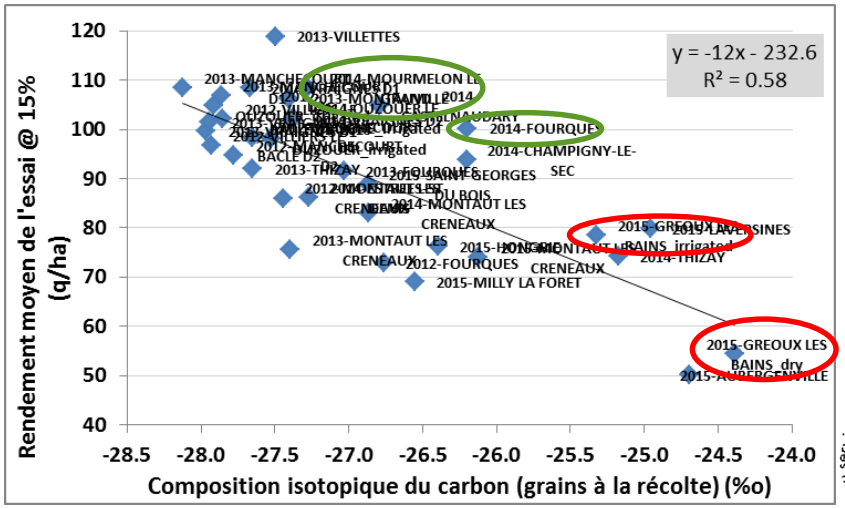
- **Caractérisation des conditions de croissance**

➔ *Sur 2 variétés témoins, dans 16 essais, 3-4 reps (blocs) par essai*



- *Permet d'utiliser un indicateur « plante » pour estimer le stress subi*
- *Permet de cerner certains milieux aux comportements atypiques (remontées capillaires)*
- *Directement sur grains post-récolte*



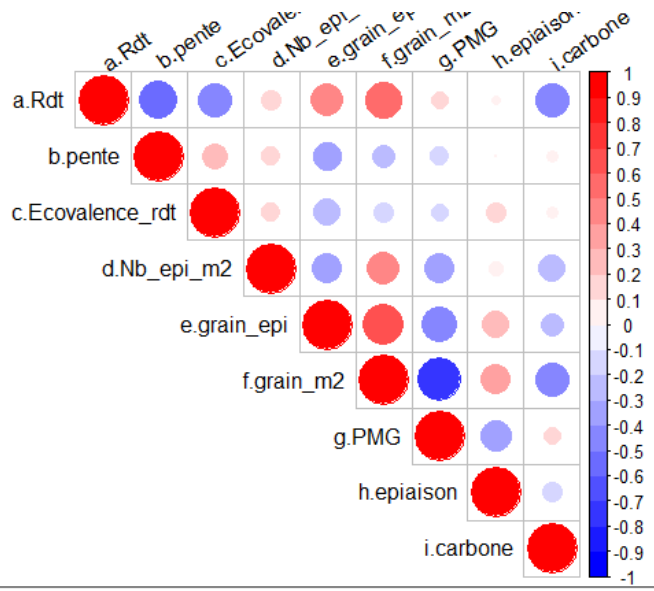


Identification de traits de tolérance à la sécheresse et élaboration des outils d'aide à leur évaluation

3. *Quelle valorisation peut-on faire des mesures isotopiques?*

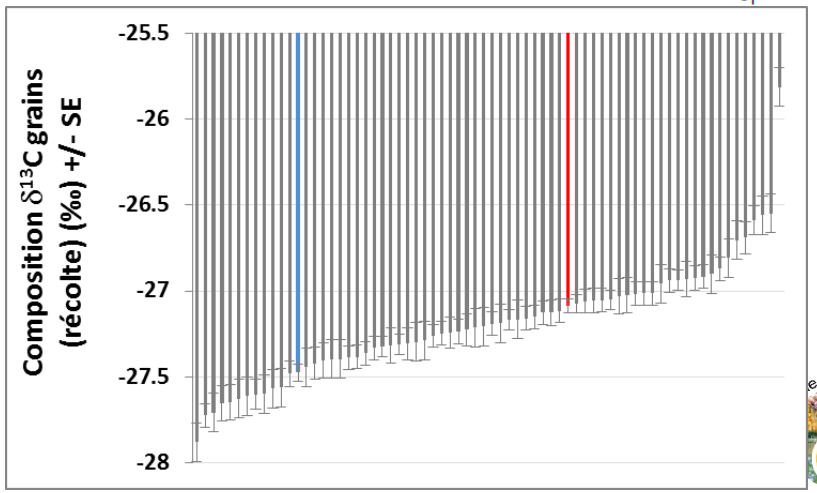
- **Caractérisation de l'efficience intrinsèque de l'eau $\delta^{13}C$**

➔ *Sur un panel variétal (70 variétés) , dans 25 essais, sans répétition*



- *Diversité génétique*
- *Prélèvement facile, analyse compliquée (traitement de l'échantillon, labo)*
- *Lien avec rendement / tolérance au stress peu évident*

- *$\delta^{18}O$: méthode, analyse et interprétation délicates*

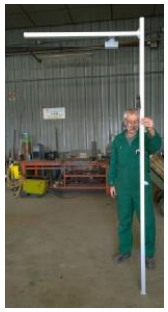


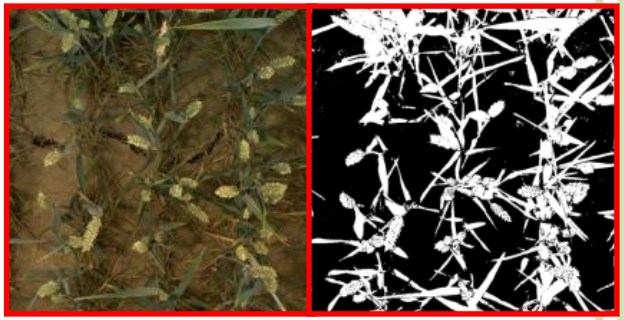
Identification de traits de tolérance à la sécheresse et élaboration des outils d'aide à leur évaluation

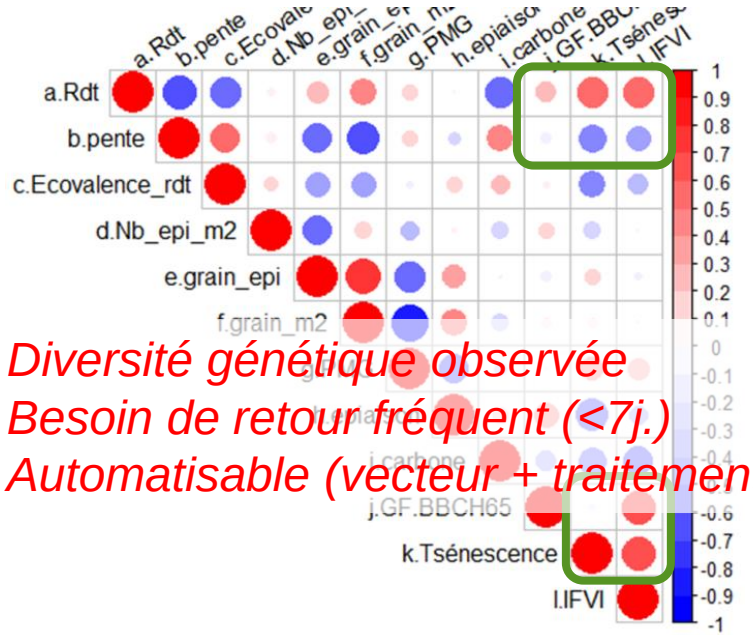
4. *Imagerie, drones: quelles mesures, quelles perspectives?*

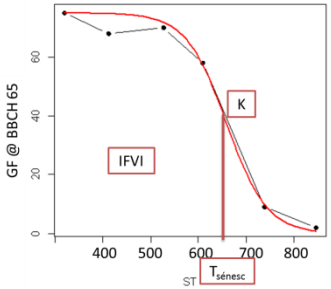
- **Suivi de canopée /« stay green »**

➔ *Par photos numériques successives; 9 essais, 35 variétés*

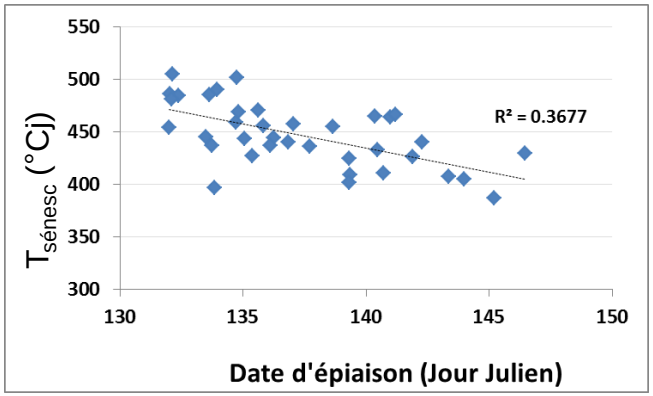








- *Diversité génétique observée*
- *Besoin de retour fréquent (<7j.)*
- *Automatisable (vecteur + traitement)*



Identification de traits de tolérance à la sécheresse et élaboration des outils d'aide à leur évaluation

4. *Imagerie, drones: quelles mesures, quelles perspectives?*

- **Imagerie thermique**

➔ *Par drone, sur essais Sec/Irrigué, 8 variétés, à 2 dates courant remplissage*

	2014		2015	
	Sec	Irrigué	Sec	Irrigué
Var 1	23.7	21.3	24.4	22.2
Var 2	23.9	21.1	24.5	21.9
Var 3	24.0	21.1	23.8	21.9
Var 4	24.6	21.6	24.6	22.5
Var 5	24.2	20.5	23.2	22.1
Var 6	23.9	20.3	23.5	21.8
Var 7	24.0	21.9	23.7	22.0
Var 8	24.3	20.3	24.3	22.1
Moyenne	**24.1**	**21.0**	**24.0**	**22.1**
Min	*23.7*	*20.3*	*23.2*	*21.8*
Max	*24.6*	*21.9*	*24.6*	*22.5*

- *Nécessité d'expertise*
- *Difficultés de planification*
- *Confusion d'effets avec la sénescence*

➔ *A réserver à des situations spécifiques*

IDENTIFICATION DE TRAITS DE TOLÉRANCE À LA SÉCHERESSE ET ÉLABORATION DES OUTILS D'AIDE À LEUR ÉVALUATION

5. Quelles variables n'ont pas pu être évaluées avec succès?

- **Durée de remplissage**

➔ *Mode opératoire CIMMYT*

- *Notation difficile et fréquente*

- **Sucres solubles dans les tiges**

➔ *Comparer une approche Teneur vs une approche Quantité*

- *Analyse coûteuse en l'absence de calibration Infrarouge*
- *Echantillons complexes à obtenir (et perdus)*

- **Consommation en eau**

➔ *8 variétés en situation sèche/irriguée, avec sonde à neutron*

- *Interaction G*E observée*
- *Mesure longue/compliquée ➔ autres types de capteurs?*

Identification de traits de tolérance à la sécheresse et élaboration des outils d'aide à leur évaluation

Conclusions

- **Réponses différenciées au stress hydrique identifiées sur quelques variétés seulement ➔ *besoin de diversifier le cadre d'étude?***

- **Typologie des stress hydriques testée, avec mise en valeur de 5 scénarios principaux. L'un des scénarios était très peu présent dans le réseau d'essais ➔ *il reste à démontrer que la dynamique du stress est plus informative que son intensité***

- **Outils d'aide à la sélection testés:**
  - **Composition isotopique du carbone ☺ ☹**
  - **Imagerie RGB de suivi de sénescence ☺**
  - **Imagerie thermique ☹**

Identification de traits de tolérance à la sécheresse et élaboration des outils d'aide à leur évaluation

Remerciements

- **Les « têtes de pont »:** Katia BEAUCHENE, Gaétan TOUZY, David GOUACHE, Eric OBER, Thierry MOITTIE, Volker LEIN, Camille BEDARD, Laure DUCHALAIS, Jérémy DERORY, Céline DUQUE, Céline ZIMMERLI, Stéphanie THEPOT, Valérie LAURENT, Clément DEBITON, Bertrand GAKIERE, Guillaume TCHERKEZ, Frédéric BARET, Olivier PINAY

- **Les « petites mains »**: Guillaume ARJAURE, Elise SAILLIOT, Valérie BONTEMS, Benjamin DELHAYE, Simon LEROUX, Héléna RODRIGUES, Guillaume MELOUX, toutes les équipes techniques, Marlène LAMOTHE-SIBOLD

- **Les « appuis externes »:** Julien LANDRIEAUX (caractérisation de sol), Alain BOUTHIER (suivi Le Magneraud), Benoit DE SOLAN et Matthieu HEMMERLE (capteurs, photos), l'AVION JAUNE (imagerie thermique), Karine CHENU (typologie des stress hydriques), Emmanuelle HERITIER et François PIRAUX (Statistiques)