



Mélanges variétaux de blé en Suisse, expériences passées, projets actuels

Dario Fossati

25.11.2021



Contenu

- Rappels des bases théoriques, avantages & critiques
- Expériences passées
- Essais en cours
- Conclusion





Les hypothèses

Les synergies et les compensations entre les variétés composant un mélange permettent :

- Une meilleure résistance du mélange aux maladies (p.ex. oïdium de l'orge, rouille jaune, septoriose)
- Une meilleure résistance du mélange aux stress abiotiques (effet de compensation)

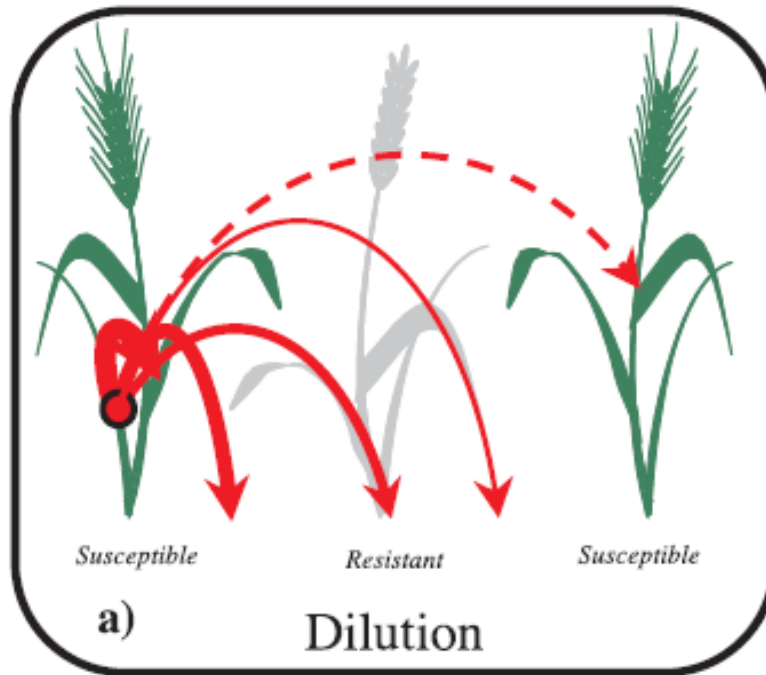
→ ce qui a pour résultats :

- Un rendement supérieur
- Une meilleure stabilité du rendement
- (On attend aussi) une meilleure qualité et stabilité de la qualité boulangère

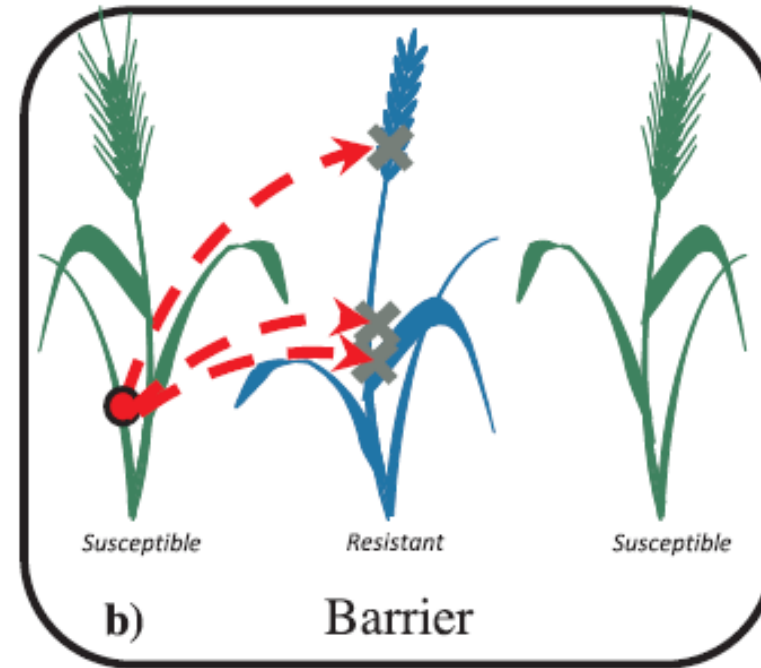


Les hypothèses en faveur des mélanges: Résistance aux maladies

Effet de dilution



Effet de barrière

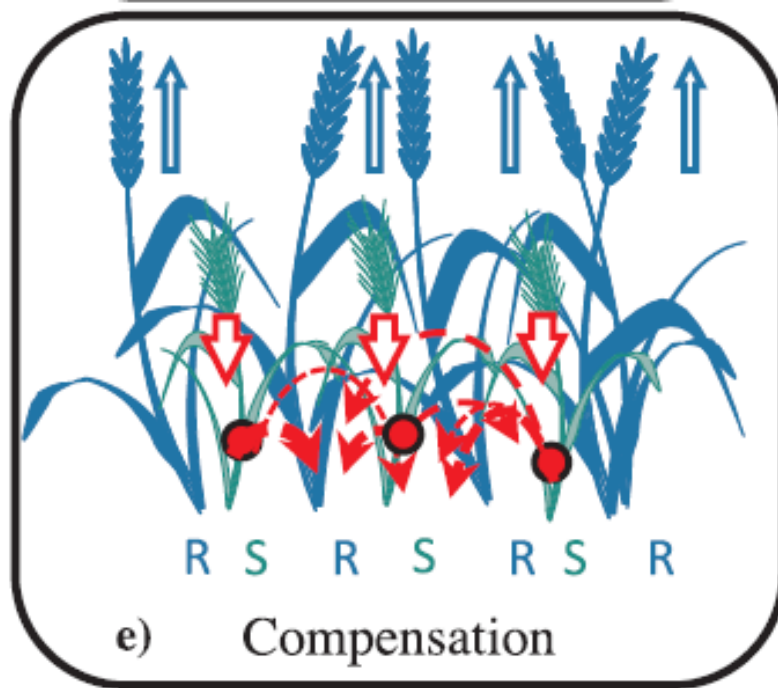


J. Borg et al., (2018)

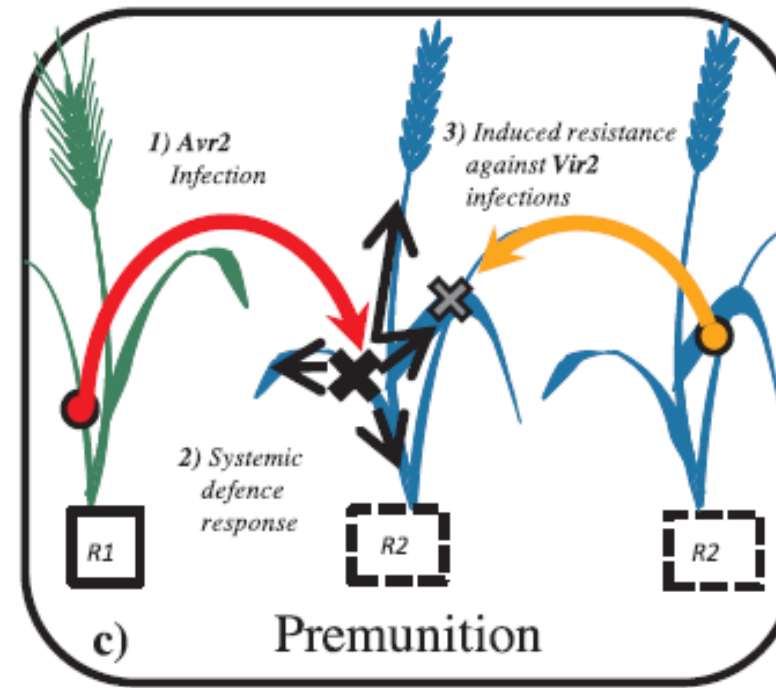


Les hypothèses en faveur des mélanges: Résistance aux maladies

Compensation



Résistance induite

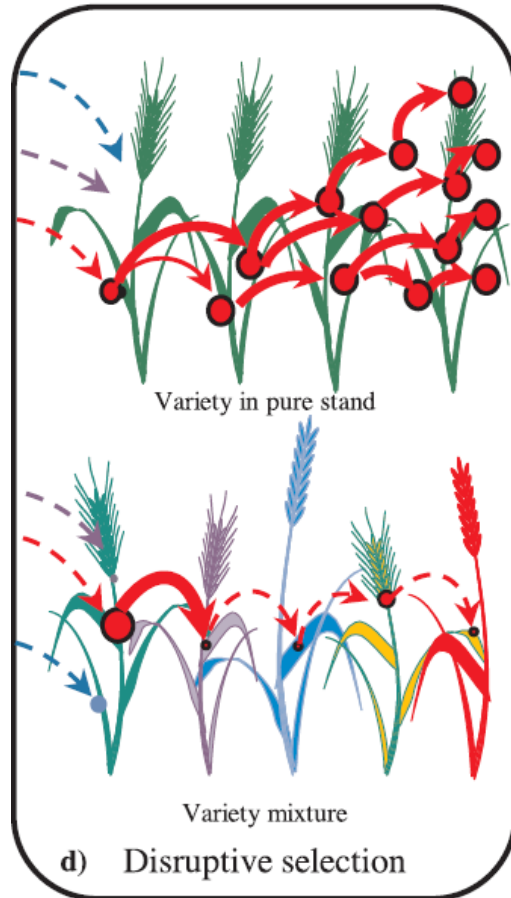


J. Borg et al., (2018)



Les hypothèses en faveur des mélanges: Résistance aux maladies

augmentation de la longévité des gènes de résistance



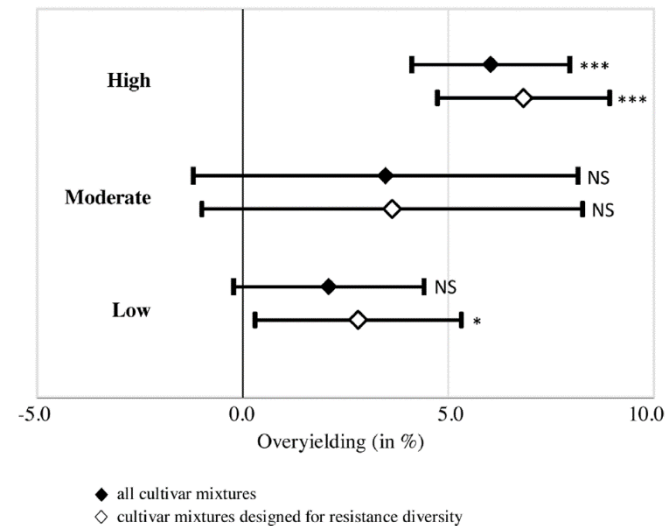
Les épidémies sont plus faibles
→ moins de spores → moins de
recombinaisons possibles →
moins de possibilités d'évolution
du pathogène

J. Borg et al., (2018)



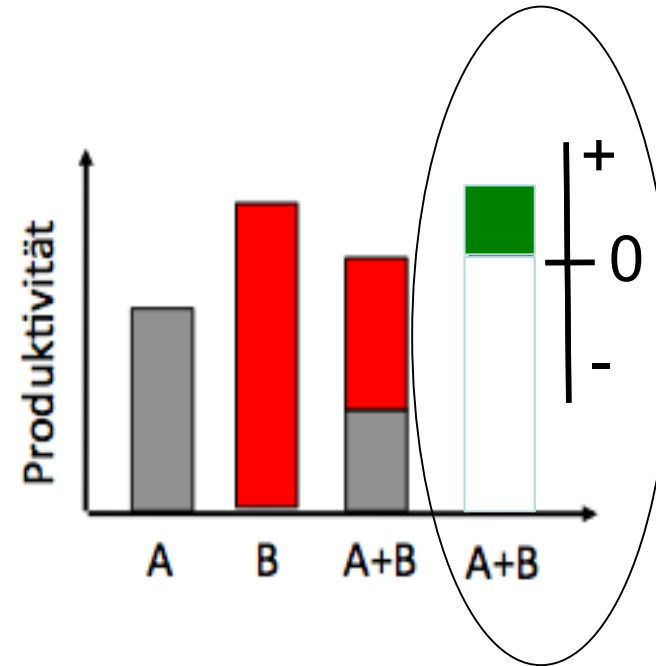
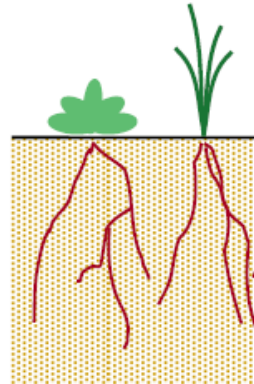
Les hypothèses en faveur des mélanges: Résistance aux maladies

- Effets notables surtout :
 - En cas de fortes épidémies (ou de forts stress)
 - Si les mélanges sont déployés sur de grandes surfaces
 - Si les mélanges sont conçus en fonction des résistances





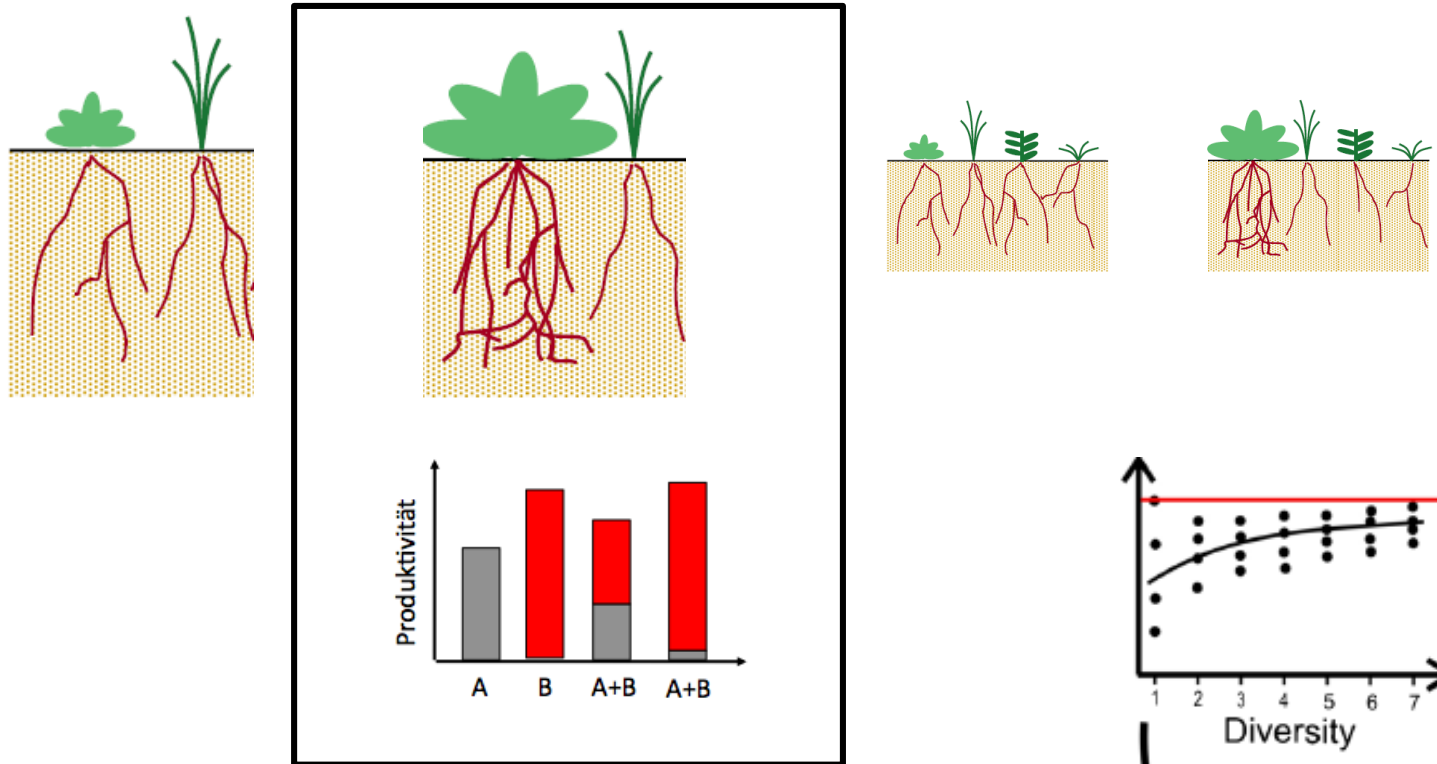
Les hypothèses en faveur des mélanges: Gain sur la moyenne des composantes ?





Effet de compensation, probabilité

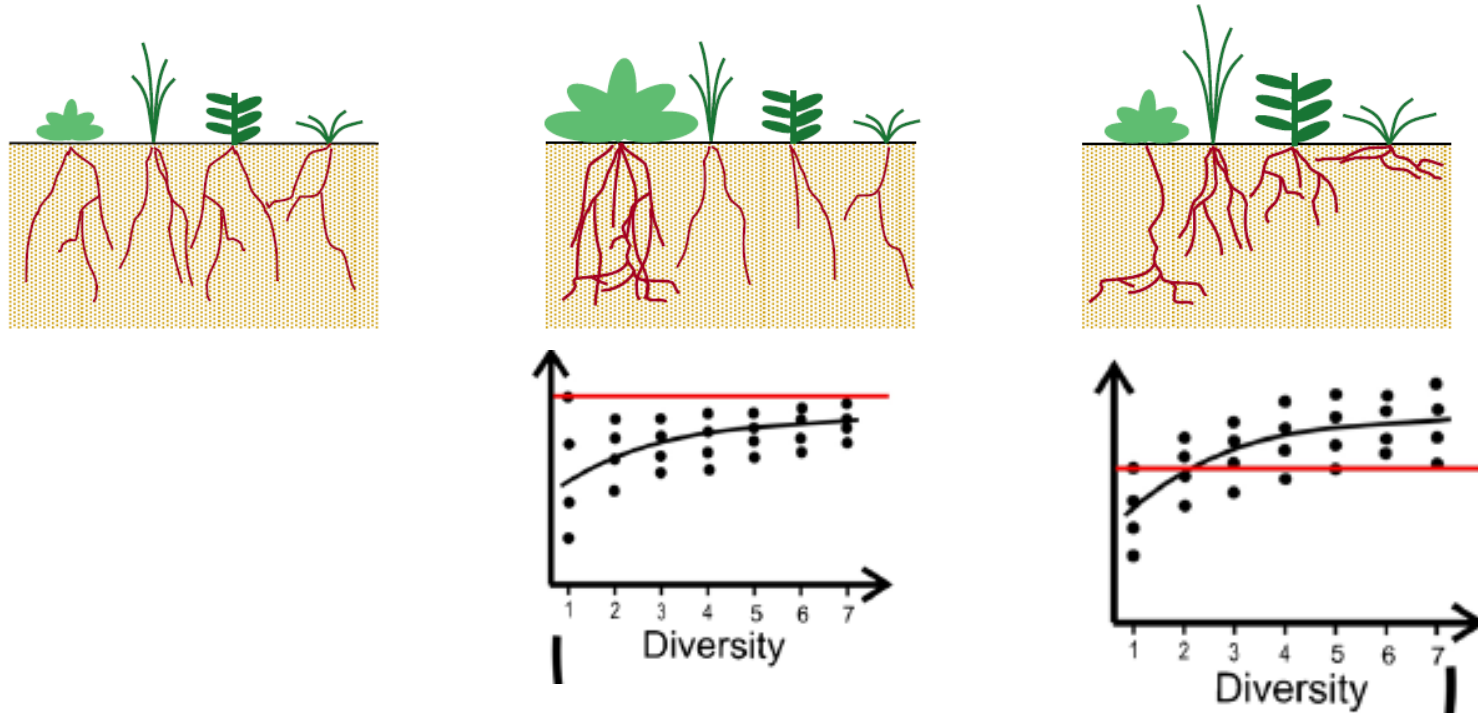
Plus de chance que l'une (ou des) composante(s) profite(nt) d'un environnement particulier et compense(nt) la faiblesse de(s) l'autre(s) composante(s):





Effet de complémentarité

Les composantes exploitent d'autres compartiments du milieu :





Les hypothèses en faveur des mélanges:

Nombre de composantes

- Plus il y a de composantes plus le mélange est efficace \checkmark
 - Selon J. Borg et al. 2018, pour chaque composante supplémentaire on a 3.3% de rendement en plus

Différences

- Plus les variétés sont «différentes» et surtout si elles occupent des niches différentes, plus le mélange est efficace (+/-)
 - Architecture de plante différente (hypothèse déjà confirmée pour des maladies dont les spores sont dispersées par la pluie comme la septoriose) ?
 - Différence de taille (+/-) ?
 - Tallages différents (précocité) ?
 - Différences concernant l'absorption des nutriments (précocité, architecture racinaire, microorganismes, ...) ?



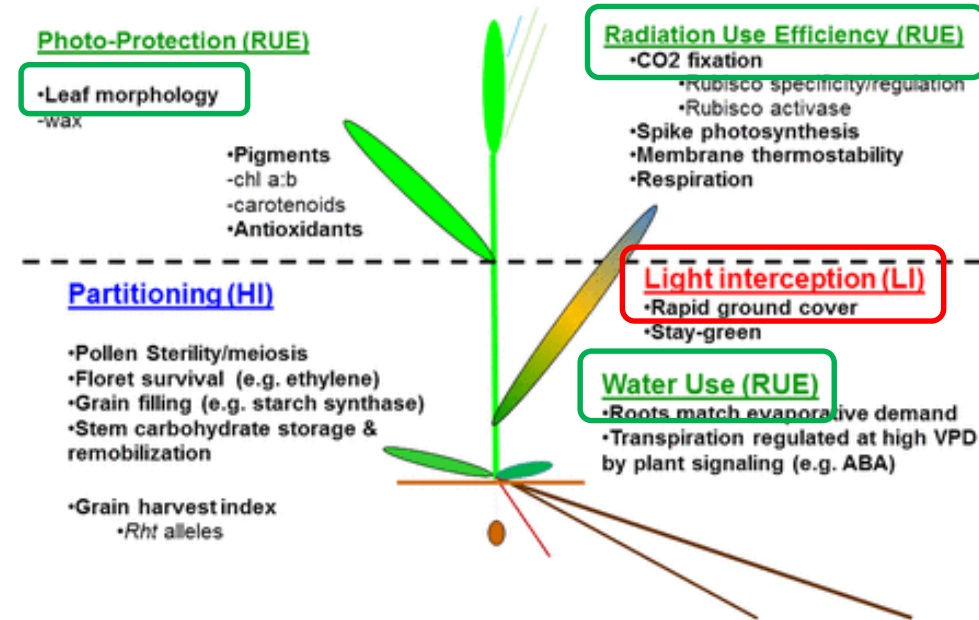
Complémentaires sur quels critères ?

Le but final est d'exploiter d'avantage les ressources (sol, eau, lumière, radiation, etc ...)

Mélanges avec des composantes qui diffèrent sur :

- Le type d'enracinement ?
- Le port foliaire ?
- La densité de stomates ?
- Le tallage ?
- Les résistances aux stress abiotiques ?
- La précocité à montaison ?
- La couverture du sol ? etc...

$$\text{YIELD} = \text{LI} \times \text{RUE} \times \text{HI}$$



mais précocité à la récolte identique !



Critiques des mélanges

- La qualité n'est pas clairement définie car les proportions des composantes peut varier d'un lot à l'autre
 - pas si on mélange des variétés de qualité similaires, la qualité du mélange doit être évaluée avant de recommander un mélange, la variation de qualité est aussi le fait de variétés pures
- La stabilité d'un mélange n'est pas meilleure si on cultive les composantes pures sur l'exploitation
 - pas s'il y a un effet de compensation dans le champ grâce au mélange



Critiques des mélanges

- La récolte est plus difficile à réaliser à cause de maturité hétérogène, à cause de réglages de batteuse plus difficile
 - la maturité des variétés doit être similaire.
 - Les composantes «réprimées» ne doivent pas devenir beaucoup plus tardives.
 - La facilité au battage doit être similaire
- Le mélange augmente le coût de production pour les établissements semenciers (coût de l'opération de mélange, gestion de variétés supplémentaires, risques d'invendus si une des composantes n'est utilisée qu'en mélange)
- Si il y a des mélanges efficaces il y a aussi des mélanges qui n'apportent pas d'avantages



Tests en essais de rendement par Agroscope et DSP

Première époque (80') : **186 mélanges de lignées/variétés de blés**
117 blés d'automne & 69 blés de printemps

Mais aussi 6 mélanges d'épeautres, 17 d'orges d'automne, 3 d'orges de printemps et 23 mélanges «multilignes»

Deuxième époque (>2007) : **153 mélanges de lignées/variétés de blés d'automne,**

Au total : **316 mélanges de lignées/variétés de blés**
dont **215** mélanges à deux composantes,
96 à trois composantes,
4 à quatre composantes et
1 à huit composantes
~190 variétés/lignées utilisées



Tests en essais de rendement par Agroscope et DSP, première époque (117 mélanges blé d'automne)

- Les travaux sur les mélanges à l'Agroscope étaient orientés **principalement sur la résistance aux maladies** (p.ex. travail de diplôme d'A. Schori avec la rouille brune). L'effet positif des mélanges a été confirmé.

→ Les agriculteurs ont été facilement convaincus mais les moulins se sont opposés aux mélanges. Pourtant, et peut-être parce que, à l'époque, la régie fédérale des blés fournissait uniquement la marchandise par classe de qualité et donc, de fait, des mélanges post-récolte des variétés et ne laissait pas les moulins accéder à des variétés pures.

→ Un des mélange le plus populaire à l'époque: Arina - Sardona

- Travaux sur des mélanges «multilignes» à partir d'Arina. Mais pas de développement de variétés «multilignes».

Un mélange multilignes est constitué d'une variété (p.ex Arina) à partir de laquelle on a créé des lignées par croisements en retour qui ne diffèrent «que» par leur gènes de résistances. P.ex.: Arina_Lr1 & Arina_Lr34 & Arina_Lr9 & Arina_Lr24 & ...



Tests en essais de rendement par Agroscope et DSP, deuxième époque (153 mélanges blé d'automne)

- Cette fois la production et la transformation est davantage partie prenante (IP-Suisse & JOWA), des mélanges sont recommandés par IP-Suisse
- On s'intéresse davantage aux effets des mélanges sur la qualité boulangère
- Des travaux de recherche et des productions de mélanges ont également lieu avec d'autres partenaires
- Recherche et utilisation de mélanges aussi en France
 - Projet **Bléndit** 2019 – 2020 (AGS, IP-Suisse, JOWA, DSP)
 - Projet Hausaman **MIXIT** 2021 – 2024 (AGS, IP-Suisse, JOWA, DSP, INRAe)
 - Projet **Wheatamix** 2014 – 2017 (INRA, ...)
 - Projet PAN **Population Goût & Fibres** 2016 – 2019 (GMSA, Agroscope)
 - Projet **Populations vaudoises** 2018 – 20.. (Agroscope)
 - Projet **Populations valaisannes** 2022 – 20.. (Agroscope-FIBL)
 - Projet **SOCLE** 2021 – 2023 (Agroscope, UNIL)
 - Essais en bandes p.ex. PROMETERRE 2019 – 20.. (Prométerre)



8 mélanges commerciaux

- | | | |
|-------------------|-------------------------------|--------------|
| ▪ ISUELA ® | Classe top (IP-Suisse) | (classes LR) |
| ▪ 2011 | SIALA + CH CLARO | (T+T) |
| ▪ 2015 | MOLINERA + CH COMBIN | (T+1) |
| ▪ 2021 | MONTALBANO + BARETTA | (T+T) |
| ▪ ISAFIR ® | Classe 1 (IP-Suisse) | (classes LR) |
| ▪ 2011 | CH CLARO + FIORINA | (T+1) |
| ▪ 2015 | CH CAMEDO + CH COMBIN | (T+1) |
| ▪ ISKOR ® | Classe 2 (IP-Suisse) | (classes LR) |
| ▪ 2011 | LEVIS + SCALETTA | (2+2) |
| ▪ 2013 | ZINAL + CH COMBIN | (1+1) |
| ▪ 2014 | SIMANO + MAGNO | (1+2) |
| ▪ 2017 | HANSWIN + MONTALTO | (1+2) |





Résultats moyens des 22 mélanges comparés à la moyenne de leurs composantes

NOM IP-SUISSE	Mélange	Rendement relatif	Proteine	Zeleny	PHL	Verse	PMG	RDT en protéine	Année d'essai
	Levis Rigi M	101.0	104.0	99.5	99.7	0.0	99.0	103.8	2009
	111 13726 Piotta M	103.9	105.7	107.3	100.5	-0.2	101.1	107.6	2009/2010
	CH Claro Tanelin M	96.6	98.1	114.0	100.6	0.1	101.4	95.0	2012
	CH Combin CH Claro M	96.4	101.6	104.0	100.0	0.0	99.8	97.5	2011
	CH Combin Orzival M	102.8	100.4	102.5	99.9	-1.3	102.7	103.2	2011
	Colmetta Montalto M	100.7	106.9	105.6	99.9	-0.1	99.1	110.8	2015/2016
ISKOR 17	Hanswin Montalto M	100.0	101.1	102.9	99.8	-0.5	99.6	100.6	2014/2015/2017
	Levis Orzival M	104.5	100.4	102.1	100.5	-1.3	100.4	104.7	2011
	Lorenzo CH Camedo M	96.6	100.8	103.3	99.3	0.4	97.6	97.5	2011
	Lorenzo CH Claro M	99.9	98.2	106.0	100.5	-0.3	101.8	97.9	2012
	Lorenzo CH Combin M	100.4	98.9	103.7	98.6	0.0	100.4	101.8	2012
	Lorenzo Orzival M	97.0	103.1	106.2	99.7	-1.6	101.8	99.8	2011
	Molinera Orzival M	97.1	100.8	103.5	100.1	-1.1	102.3	97.4	2011
ISUELA 11	Siala CH Claro M	100.7	99.7	101.6	100.0	0.1	99.9	99.1	2008-2014
	Simano Fiorina M	105.7	101.6	104.2	99.9	-0.4	100.3	107.9	2011/2012
	Simano Tanelin M	104.5	96.1	92.8	100.6	0.0	104.6	100.1	2012
	Suretta Simano M	103.3	100.0	104.0	100.2	-0.1	101.4	103.2	2011/2012
	Zinal CH Claro M	99.9	100.8	100.5	99.5	0.7	100.9	100.2	2008-2011
ISKOR 13	Zinal CH Combin M	105.7	103.7	100.6	100.5	0.9	100.0	109.9	2011/2013/2014
	Zinal Tanelin M	93.1	99.6	98.2	100.4	0.3	101.6	92.9	2012
ISKOR 14	Simano Magno M	98.1	101.3	102.1	100.1		99.3	98.9	2012/2013/2014
ISKOR 15	CH Combin CH Camedo M	100.5	101.8	110.1	100.1	-0.5	106.1	102.8	2012/2013
		100.4	101.1	103.4	100.0	-0.2	101.0	101.5	
	MIN	93.1	96.1	92.8	98.6	-1.6	97.6	92.9	
	MAX	105.7	106.9	114.0	100.6	0.9	106.1	110.8	
ISKOR 17 (2018)	Hanswin Montalto M	96.9	100.8	86.5	105.1	1.1	100.8	97.6	2018



Résultats moyens des mélanges avec les composants testés dans le même essai (22 cas)

Moyenne de 22 mélanges comparables aux composants							
	Rendement relatif	Proteine	Zeleny	PHL	Verse *	PMG	RDT en protéine
% du mélange par rapport à la moyenne des composants	100.4	101.1	103.4	100.0	-0.2	101.0	101.5
% Minimal	93.1	96.1	92.8	98.6	-1.6	97.6	92.9
% Maximal	105.7	106.9	114.0	100.6	0.9	106.1	110.8
* différence de Note							





Résultats moyens

5 mélanges IP-Suisse testés avec leurs composantes dans le même essai

		% du mélange par rapport à la moyenne des composantes						
	Nom variété	Rendement relatif	Proteine	Zeleny	PHL	Verse *	PMG	RDT en protéine
ISKOR 13	Zinal_CH_Combin	105.7	103.7	100.6	100.5	0.9	100.0	109.9
ISKOR 14	Simano_Magno	98.2	100.6	102.3	100.8		99.3	100.0
ISKOR 15	CH_Combin_CH_Camedo	100.5	101.8	110.1	100.1	-0.5	103.6	102.8
ISKOR 17	Hanswin_Montalto	100.0	101.1	102.9	99.8	-0.5	99.6	100.6
ISUELA 11	Siala_CH_Claro	100.7	99.7	101.6	100.0	0.1	99.9	99.1





Commentaires généraux (1)

- Les essais de rendement en parcelles de 7m² ne sont pas adaptés pour mettre en évidence des effets sur les maladies.
- Le dispositif idéal est d'avoir des grandes parcelles, isolées par un tampon autour de chaque parcelle.
- Les rendements et la plupart des caractères mesurés dans les mélanges ne sont pas ou que faiblement différents de la moyenne des composantes (mesurés avec les composantes pures dans le même essai).
- Les critères qualitatifs semblent davantage favorisés.
- L'amélioration de la stabilité demande beaucoup de mesures pour être établie (> 10 essais).



Commentaires généraux (2)

- Les mélanges sont composés en tenant compte (en ordre d'importance) de :
 - La **précocité** Basée sur celle à l'épiaison, on vise la même précocité à maturité.
 - La **qualité boulangère** Presque toujours de la même classe de qualité, la règle était autrefois que la qualité de la composante la plus basse donnait la qualité globale au mélange.
 - La **hauteur** des plantes (différence au maximum de 10cm) Les expérience des années 80' arrivaient à la conclusion qu'une différence importante de hauteur réprimait trop la composante la plus courte (concurrence pour la lumière, septoriose, oïdium).
 - La **résistance aux maladies** La connaissance encore lacunaire des gènes de résistance présents dans les nouvelles lignées/variétés ne permet de combiner que sur la base de la phénologie. On évite de cumuler des faiblesses sur les composantes.



Essai BLÉNDIT (2019-2020)

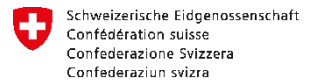
IP-Suisse, JOWA, Agroscope, DSP

- Buts / hypothèses
 - Identifier de **nouveaux mélanges** pour IP-Suisse
 - Exploration préliminaire de quelques hypothèses pour un choix des composantes:
 - Intérêt de combiner des **précocités** différentes en phase végétative
 - Intérêt de combiner des **ports foliaires** érigés ou retombants



Photos : Illustration du pouvoir couvrant de 2 variétés de blé à port différent (Photos de L.Poiret, 2007)

- *Quel avantages/inconvénients à mélanger des types foliaires ?*
- *Concurrencer les adventices (herse étrille, couverture du sol) ?*
- *Ascenseur à maladies (septoriose) ?*
- *Meilleure capture de la lumière ?*



Département fédéral de l'économie,
de la formation et de la recherche DEFR
Agroscope





Essai BLÉNDIT (2019-2020)

IP-Suisse, JOWA, Agroscope, DSP

- Buts / hypothèses
 - Vérifier si il y a un lien entre **proximité génétique** des composantes et performance d'un mélange
 - Mesurer quels sont les impacts des mélanges sur la **qualité boulangère**
 - Est-ce qu'un mélange à 4 composantes est plus stable que des mélanges à 2 composantes?



Essai BLÉNDIT (2019-2020) Résultats 1

IP-Suisse, JOWA, Agroscope, DSP

- Identifier de **nouveaux mélanges** pour IP-Suisse:

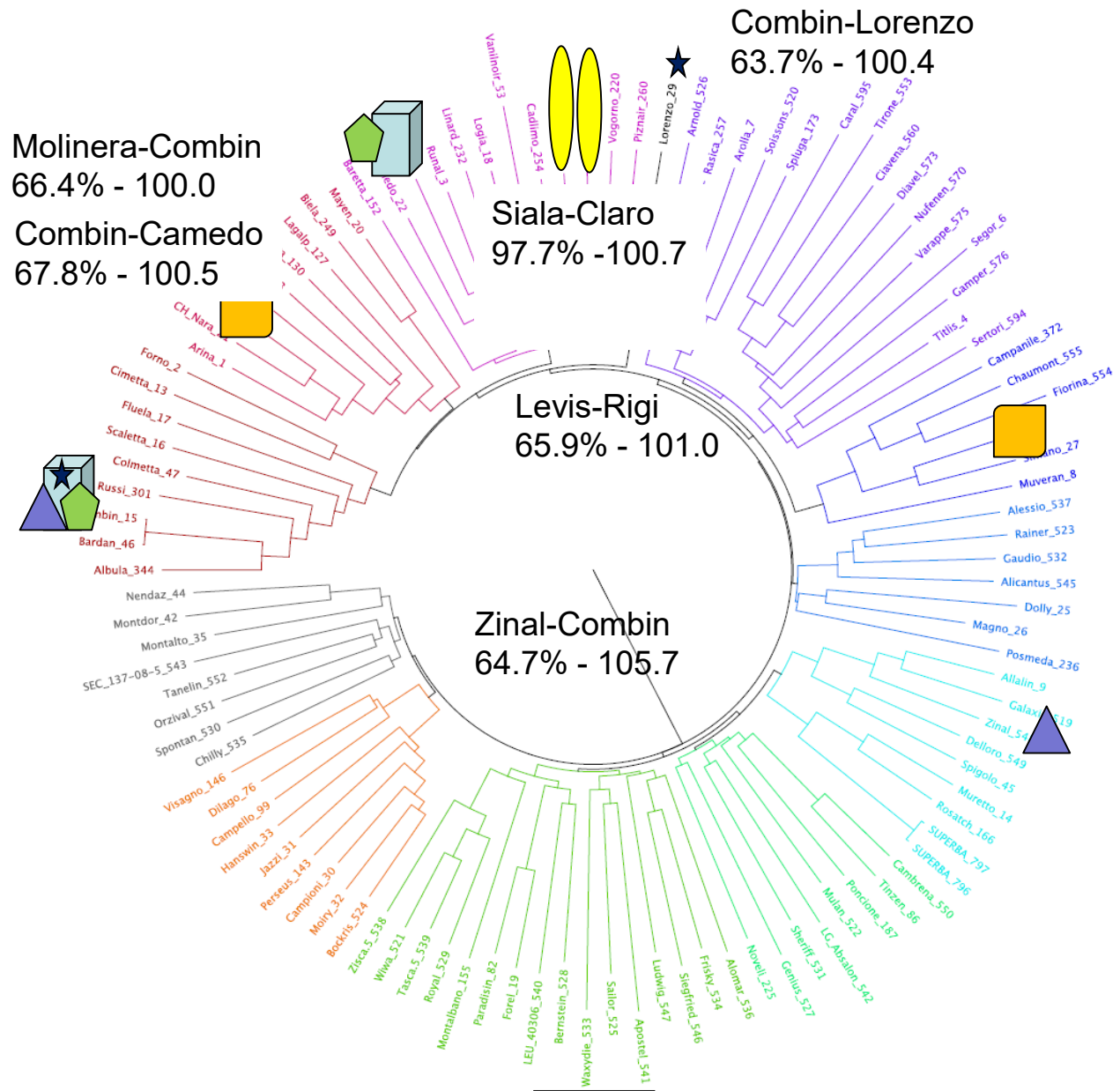
Parmi les mélanges testés de qualité «TOP», 5 sont nettement supérieurs aux mélanges actuels avec des rendements de **>106%** par rapports aux standards (Montalbano; Hanswin; Isuela=Molinera&CH Combin), un mélange de qualité «2» a atteint un rendement de 116%.

- Exploration préliminaire de quelques hypothèses pour un choix des composantes:
 - Pas d'avantage décisif d'une combinaison de **précocité** (mais plutôt les mélanges précoces ou mixtes à montaison)
 - Pas d'avantage décisif d'une combinaison de **ports foliaires** (mais plutôt retombant et érigé-retombant)
 - Il n'y a pas de relation forte entre **proximité génétique** des composantes et **performance d'un mélange** (toutefois en ne comparant que les mélanges qui ont la même composante, on a souvent (6/9) un meilleur rendement quand la proximité est faible)



Proximité génomique % – Rendement relatif à la moyenne des composantes

Globalement, la proximité
génétique globale entre
composantes n'ont pas
d'effet évident sur la valeur
du mélange





Essai BLÉNDIT (2019-2020) Résultats 2

IP-Suisse, JOWA, Agroscope, DSP

- La qualité boulangère des mélanges semble être supérieure à celles obtenues par le mélange de grains des composantes pures, très nettement la première année, beaucoup moins la deuxième année !? À suivre ...
- Le mélange à 4 composantes de cet essai ne s'est pas révélé plus stable que les mélanges à 2 composantes ? (10 essais ne sont probablement pas assez pour tester cette hypothèse)



Essai MIXIT (2021-2024)

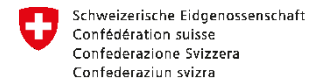
IP-Suisse, JOWA, Agroscope, DSP, INRAE

▪ But:

- Estimation de la valeur en mélange de cultivars (General and Specific «mixing-ability»)
- Détermination des critères phénotypiques et génotypiques qui influencent le succès d'un mélange
- Vérification de l'effet positif de mélange sur la qualité boulangère

▪ Dispositif

- 3 lieux, 3 ans de test
- **8 variétés pures**
- Tous les **28 mélanges à 2 composantes** possibles de ces 8 variétés
- **3 mélanges à 4 composante**
- **1 mélange à 8 composantes**



Département fédéral de l'économie,
de la formation et de la recherche DEFR
Agroscope





France, Projet Wheatamix (2014-2017)



- 3 ans d'essais, 72-90 mélanges testés par années, mélanges de 2,4 ou 8 composantes
- Une grande hétérogénéité de taille ou de précocité n'ont pas eu d'impact négatifs sur la performance des mélanges (rendement, résistance maladies)
- Les mélanges à 8 composantes ont une meilleure stabilité (mais pas de meilleures performances ou résistance)
- Il n'y a pas eu d'effets sur la diversité de la microfaune publiés

- Mélange en France récolte 2019, 11.9%; **17% des surfaces blé en 2021** (822 996 ha) (Arvalis, 2021) (en Suisse, seul ~1 à 2% des ventes de semences sont des mélanges)
- Mélanges de Soufflet: MMS 2019 (5 cv.) , 2020...2022 (ABSALON, EXTASE, NEMO, DISTINGO et SEPIA)



Projet PAN Population Goût & Fibres

But: Créer une population riche en fibre et de bon goût, afin de donner aux agriculteurs-boulangers une population évolutive qui peut ensuite s'adapter localement («nouvelles variétés locales»)

1. Evaluer les variétés locales de la collection (et des variétés actuelles)
 - Goût & arôme
 - Teneur en fibres
 - Qualité boulangère et Agronomie (hauteur-verse, maladies)
2. Croiser les meilleures variétés locales avec des variétés actuelles (afin de corriger les faiblesses des variétés locales)
3. Mélanger les populations (F2) issues de 20 croisements pour en faire une population riche en goût et en fibres et évolutive
4. *(Sélection de lignées issues de ces croisements)*





Populations vaudoises (et valaisannes)

But: Donner aux agriculteurs-boulangers vaudois des populations évolutives qui se (ré-) adaptent localement («nouvelles variétés locales»)

- Multiplier les 21 variétés locales vaudoises de la collection et les toutes premières variétés issues de croisements (2018)
- Mélanger ces variétés locales en fonction de leur provenance pour créer quatre populations (2019-2021) :

«**Léman**» (7 cv); «**Gros-de-Vaud**» (6 cv.); «**Jura & Nord vaudois**» (8 cv.); «**La liberté**» = toutes les variétés locales vaudoise (21 cv.)

- Plus une population «**1^{er} cycle**» constituée des premières variétés issues de croisements (Carré vaudois, Mont-Calme XXII, Précoce CD, Mont-Calme 245)
- Et enfin une population «**La dynamique**» constituée du mélange des descendants de 9 croisements entre les 6 meilleurs de ces variétés locales vaudoises x des variétés suisses actuelles riches en fibres et de bonne qualité boulangère (2018-2022)
- Ces populations sont distribuées et seront comparées en essai de rendement en 2022
- (+/- idem avec des variétés locales valaisannes en 2022 - ..., 4 populations)





Projet SOCLE (SOCIAL seLEction in cultivated plant)

- **Objectif principal**

- Revisiter les interactions plante-plante à la lumière des théories de l'évolution sociale

- **Approche expérimentale**

- Expérience au champ, utilisant le blé comme espèce modèle

- **Perspectives appliquées**

- imaginer des méthodes/outils afin de mieux intégrer les interactions plante-plante dans la sélection variétale

- I. Quantifier la **contribution des effets sociaux** dans la part héritable de la variation génétique des traits agronomiques d'intérêt
- II. Identifier les **traits** impliqués dans les interactions sociales
- III. Identifier les **gènes** impliqués dans les interactions sociales

UNIL | Université de Lausanne

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'économie,
de la formation et de la recherche DEFR
Agroscope



Essais en bande PROMÉTERRE

Essais de culture en bande, Mélanges testés en 2020 :

- Top : CH Nara + Baretta
Isuela IP-Suisse (Molinera + CH Combin)
- Classe I : 50% Genius + 25% Hanswin +25% Combin
Campanile + Falotta
Isafir IP-Suisse (CH Camedo + CH Combin)
- Classe II : Spontan + Posmeda
Iskor IP-Suisse (Hamswin + Montalto)
- Fourrager : Poncione + Sailor



Mélanges testés en 2021:

CH Nara + Baretta, Baretta + Montalbano, Baretta + Alpval,
Spontan + Posmeda

Toutes les variétés en mélanges sont cultivées en pure
dans les bandes voisines





Essais en bande PROMÉTERRE

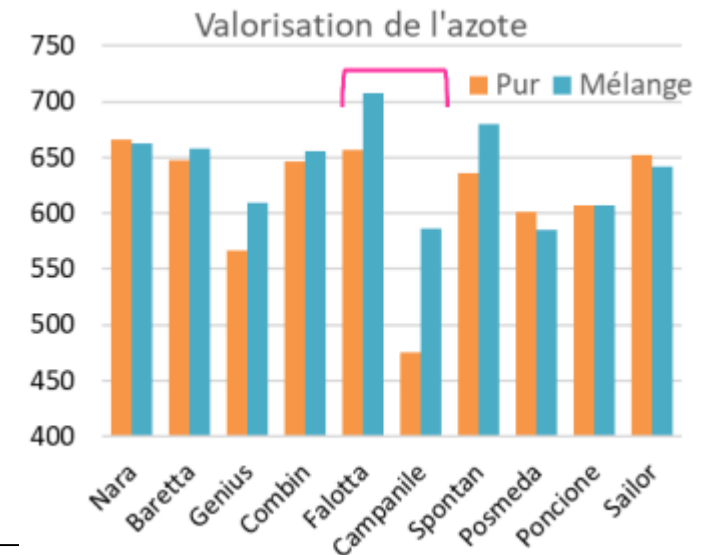
Trois résultats intéressants :

Bonne illustration de l'effet positif pour la résistance à la verse que peuvent avoir des mélanges, p.ex. Campanile + Falotta ou CH Nara + Baretta



Mesure de la teneur en azote (N Tester) sur les variétés en pur et en mélange : Certaines variétés ont une teneur en azote plus élevée lorsqu'elles sont en mélange

Retard de maturité de la variété CH Nara (la plus courte) lorsqu'elle est en mélange avec Baretta





En conclusion

- L'intérêt pour les mélanges est important et est partagé largement par la filière
- Mais on manque encore souvent d'informations fines sur les variétés pour pouvoir les mélanger efficacement

Par exemple:

- Quels sont les gènes de résistances des variétés ? (on ne les connais pas tous)
- Quels sont les (autres) caractéristiques des variétés qui ne sont pas mesurés en routine dont on doit tenir compte (racines, port des feuilles, résistances abiotiques, microbionte, ...) ?
- Les projets de recherches ont pour but :
 - De développer des outils (génomique, phénotypage) qui facilitent et rendent plus efficace le choix de mélanges et de prouver l'intérêt des mélanges (rendement, qualité, résistance, résilience, stabilité)



En conclusion

- Les mélanges variétaux sont un des outils pour améliorer la diversité agricole globale.
- Si ils sont bien conçus, les mélanges variétaux apportent sans aucun doutes des avantages (p.ex. résistances aux maladies) cependant il ne faut pas en attendre des gains de productivité importants mais plutôt, en premier lieu, une meilleure stabilité et résilience de la production.



Richesse variétale pour une agriculture diversifiée
D. Fossati



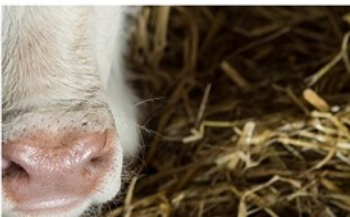
Merci pour votre attention

Dario Fossati

dario.fossati@agroscope.admin.ch

Agroscope une bonne alimentation, un environnement sain

www.agroscope.admin.ch



Ric
D.