



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra



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

Agroscope IPV Changins

Amélioration des plantes – Ressources génétiques

Sélection du blé, évolution à attendre concernant la teneur en protéines

Maxi-Event

Cécile Brabant, Dario Fossati

7.4.2016

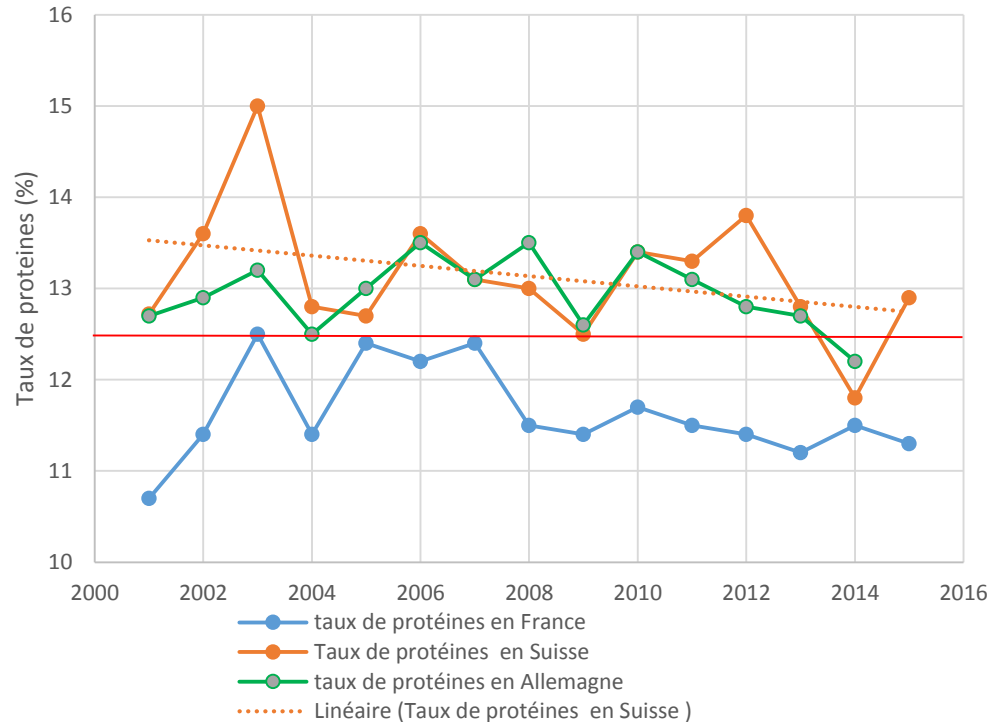


Sommaire

- Quelles évolutions de la teneur en protéines et du rendement sont observées en Europe et en Suisse?
- Le rôle du climat
- Les autres influences
- Les solutions de la sélection



Evolution du taux de protéine en Suisse, France et Allemagne



Sources: swiss granum, FranceAgriMer et Besondere Erntermittlung (BEE)

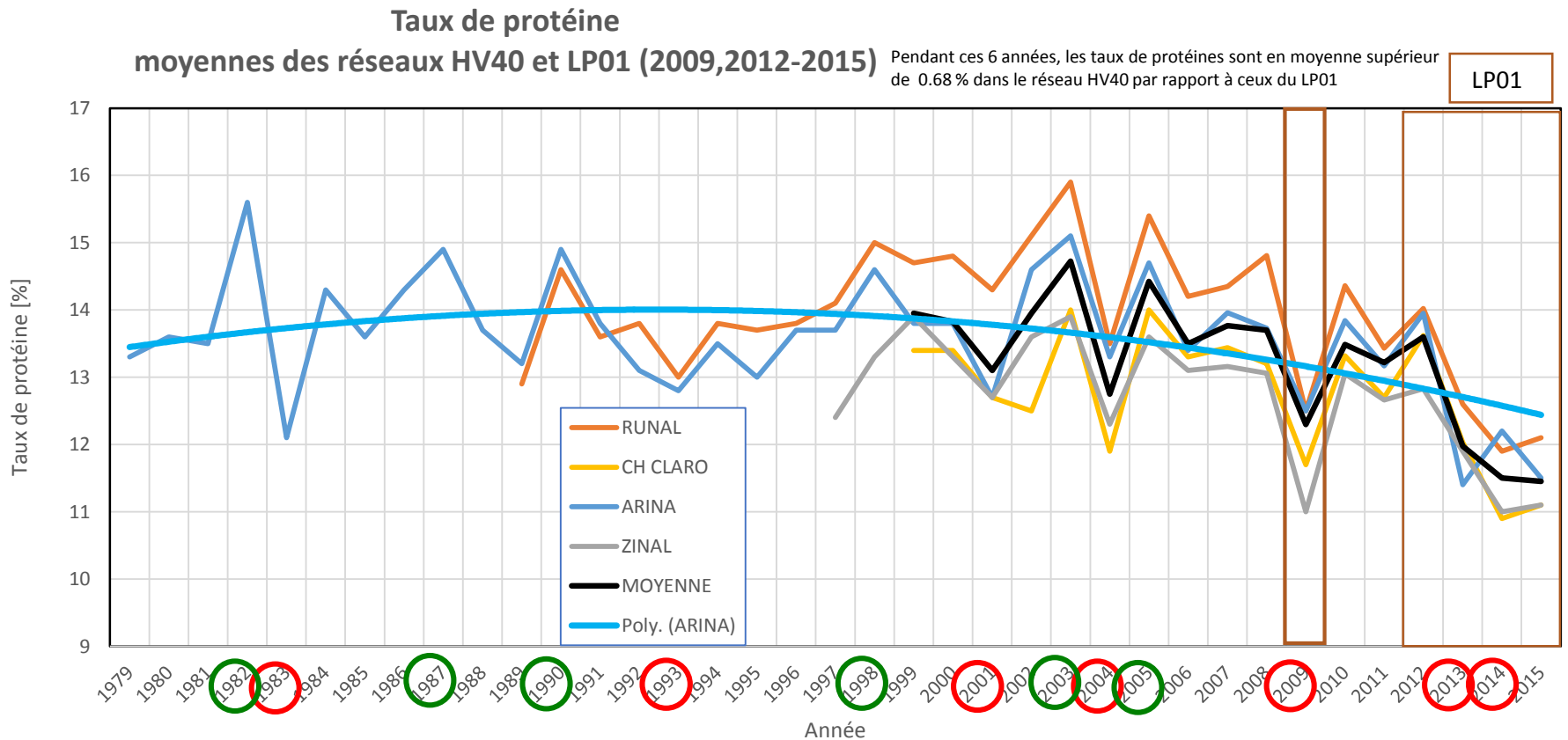
Pour la Suisse, il s'agit des résultats provenant du recensement de la qualité des récoltes auprès de 21 centres collecteurs. Swiss granum prélève des échantillons des 4 principales variétés par région. Le choix des variétés est basé sur leurs surfaces de semis de l'année en cours et par conséquent, nous disposons d'un aperçu assez fiable de la qualité effective en Suisse.

Sélection du blé, climat, protéines

Cécile Brabant, Dario Fossati



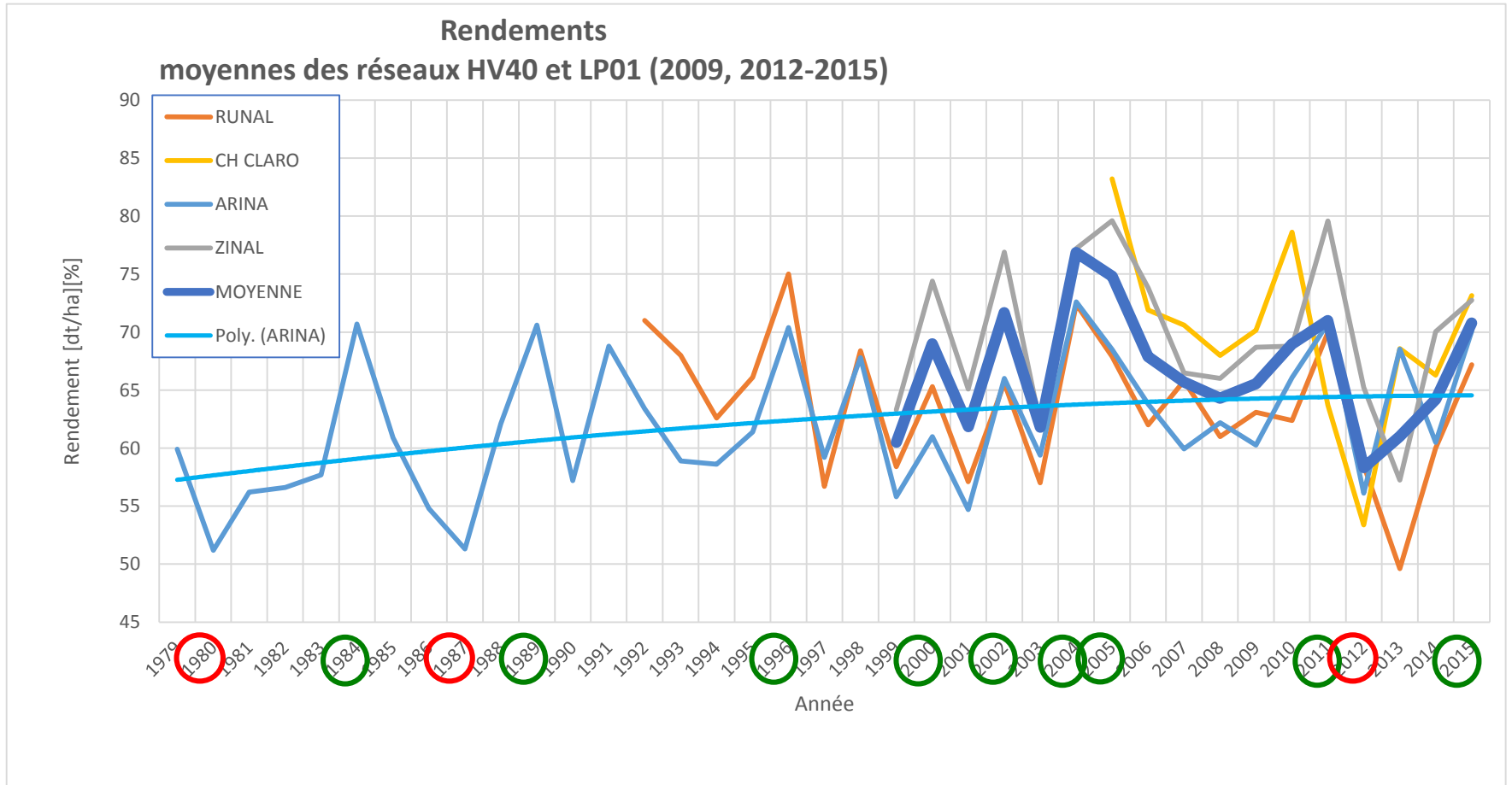
Evolution du taux de protéine de quelques variétés suisses



Sélection du blé, climat, protéines

Cécile Brabant, Dario Fossati

Evolution du rendement de quelques variétés suisses



Sélection du blé, climat, protéines

Cécile Brabant, Dario Fossati

Le changement climatique, climat plus variable et événements plus intenses

- Plus changeant **entre années** ?
 - Hiver plus froid (2012) ou plus doux (2016)
 - Journées caniculaires plus nombreuses (2003)
 - Été plus sec et plus chaud (2015) ou plus humide (2014)
- Plus **d'extrêmes**
 - Orages
 - Vent
 - Grêle (2013)
 - Stress de luminosité (2013)



Le changement climatique, plus chaud

- Quels sont les scénarios pour 2050 :
 - Le climat de Turin 2010 à Zürich ?
 - +1.8°C en hiver, +2.7°C en été par rapport à 1990 !
 - plus de précipitations en hiver et moins en été, ~-5% sur l'année, -75mm au nord et -120mm au sud
 - **Plus chaud et plus sec** mais encore ?



© shutterstock

Le changement climatique, plus chaud et sec

Effets physiologiques attendus

- Forte température et sec pendant la croissance du grain
(p.ex 2003)

- ↘
 - Le **métabolisme C** est plus affecté que
 - ↘
 - le **métabolisme N**

Ce qui conduit à

- ↘
 - **une perte de PMG**
 - ↗
 - **une augmentation du taux de protéine**
 - ↗
 - **une augmentation plus importante des gliadines que des gluténines**
 - **une modification des qualités rhéologiques**

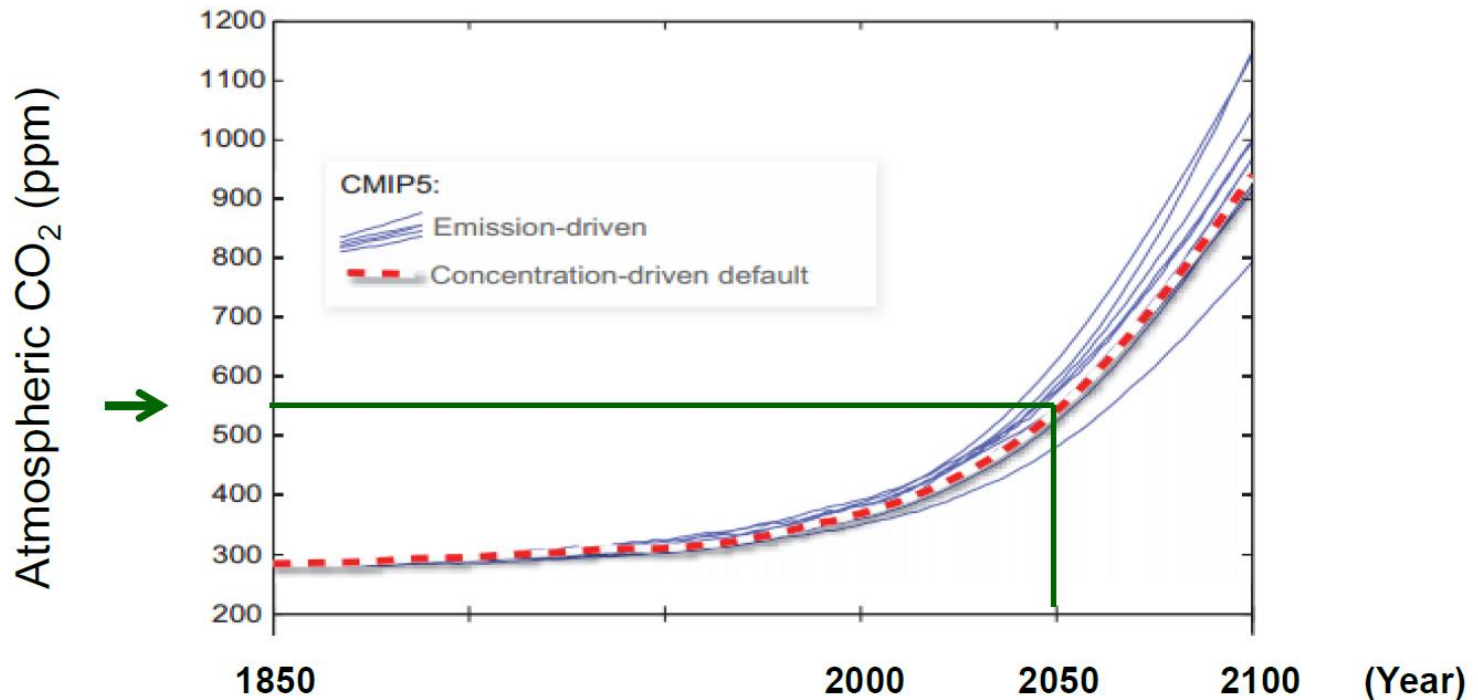


Le changement climatique, plus ou moins d'eau

- **Excès d'eau pendant la phase végétative**
 - Diminution de l'absorption d'azote par asphyxie
→ diminution du taux de protéines
- **Sécheresse pendant la montaison et après apport azoté (2004, 2015)**
 - Diminution de l'absorption d'azote
→ moins de grains/m²
→ diminution du taux de protéine
- **Rayonnement limité pendant la méiose ou froid pendant la montaison (2013)**
 - Diminution de la fertilité
→ augmentation du PMG
→ +/- augmentation du taux de protéine



Le changement climatique, plus de CO₂



**550 ppm en 2050 :
~35% d'augmentation en 35 ans !**

Source: <http://www.ipcc-data.org/>

Les changements climatiques et la Suisse en 2050, Conséquences pour l'environnement, la société et l'économie, OcCC / ProClim-

Sélection du blé, climat, protéines

Cécile Brabant, Dario Fossati



Le changement climatique, plus de CO₂



eCO₂ aCO₂

- ➔ ■ CO₂
- ➔ ■ Amélioration de la photosynthèse
- ➔ ■ Augmentation de la biomasse (~20-24%), du rendement (~17 à 21 %) et du nombre d'épis/m².

(Ainsworth and Long 2005 New Phytol; Tausz-Posch et al. 2012 Field Crop Res; Tausz-Posch et al. 2015 Eur J Agron)

- ➔ ■ Diminution du taux de protéine (~-5 à -15%)

- Par un effet de **dilution** (N/C)

- Mais aussi

(Addressing decreased grain protein in
Roger Armstrong, Malcolm J Hawkes

- Diminution de



Sélection du blé, climat, protéines

Cécile Brabant, Dario Fossati



Le changement climatique, un peu plus d'ozone

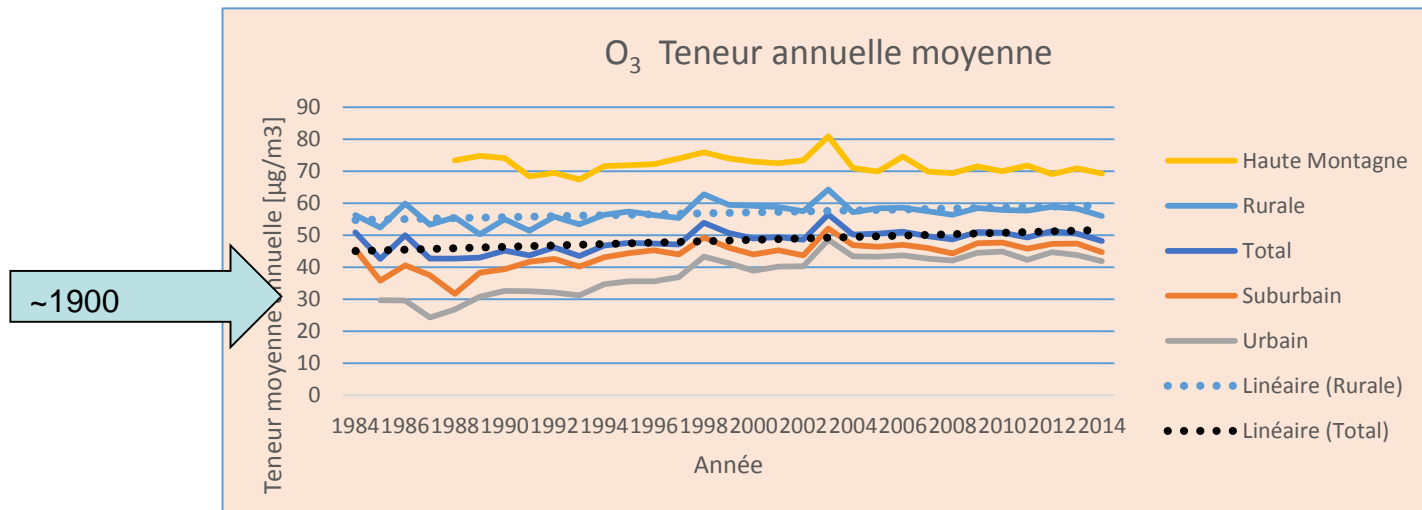
Depuis le début du XXème siècle :

forte augmentation (30 à 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Depuis 1984:

en moyenne, les teneurs sont légèrement plus élevées
les valeurs quotidiennes élevées sont en diminution
les valeurs quotidiennes basses sont en augmentation

Les températures élevées augmentent le taux d'O₃





Le changement climatique, un peu plus d'ozone

- ↗ ■ Ozone (O₃)
 - ↘ ■ → diminution du taux d'amidon
 - ↘ ■ → diminution du PMG
 - ↘ ■ → diminution du nombre de grains par épi
 - ↘ ■ → diminution du rendement
 - ↗ ■ → augmentation du taux de protéine

(J. Fuhrer et al., 1992, New Phytol.)



Le changement climatique et la production de blé

Autres effets attendus

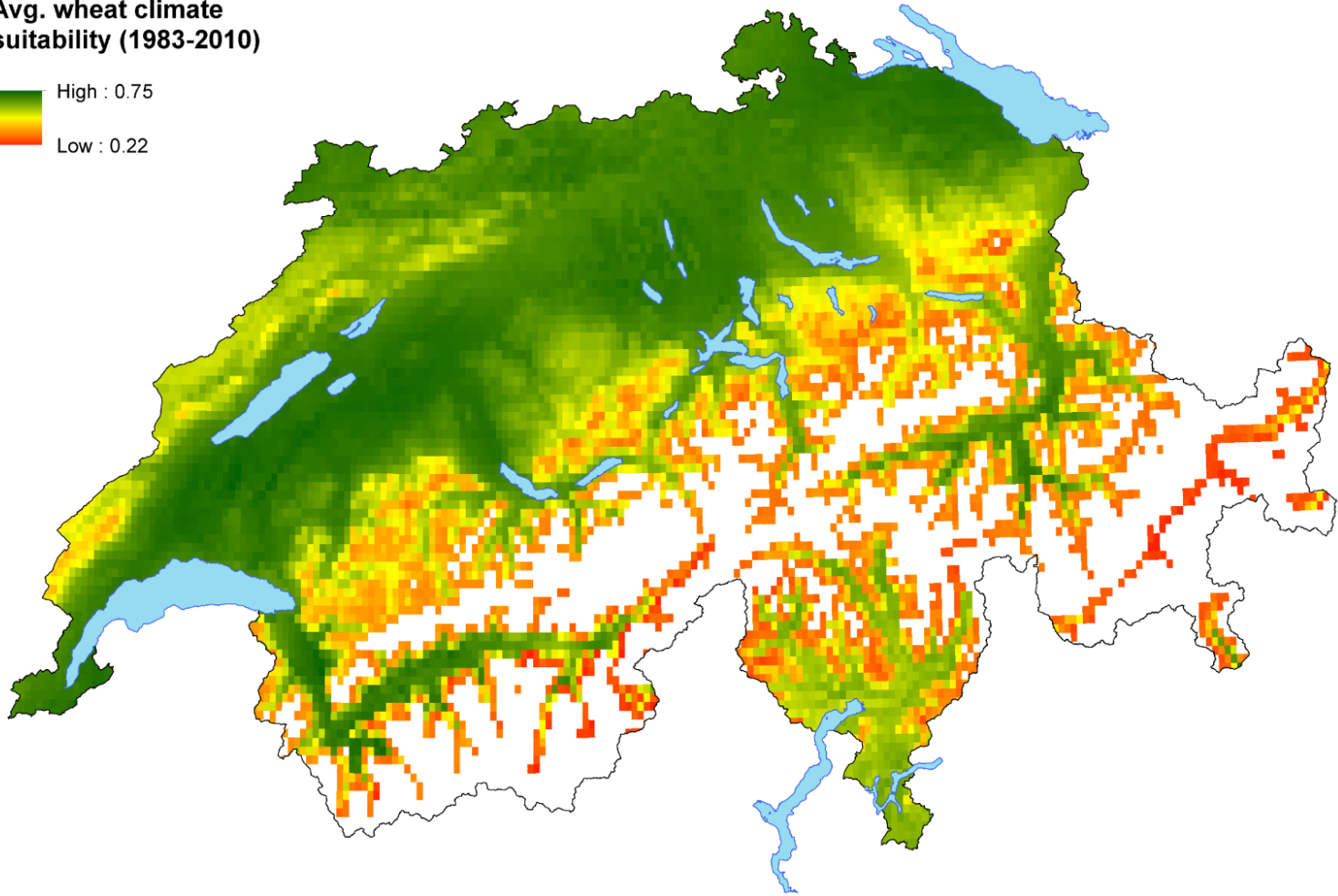
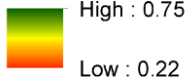
- Maladies
 - Changement d'importances relatives des maladies connues
 - Développement de «nouvelles» maladies (p.ex. «brusone», *Pyricularia oryzae*) ?
- Zones de cultures
 - Modification des zones d'aptitudes



Carte d'aptitude climatique du blé d'hiver

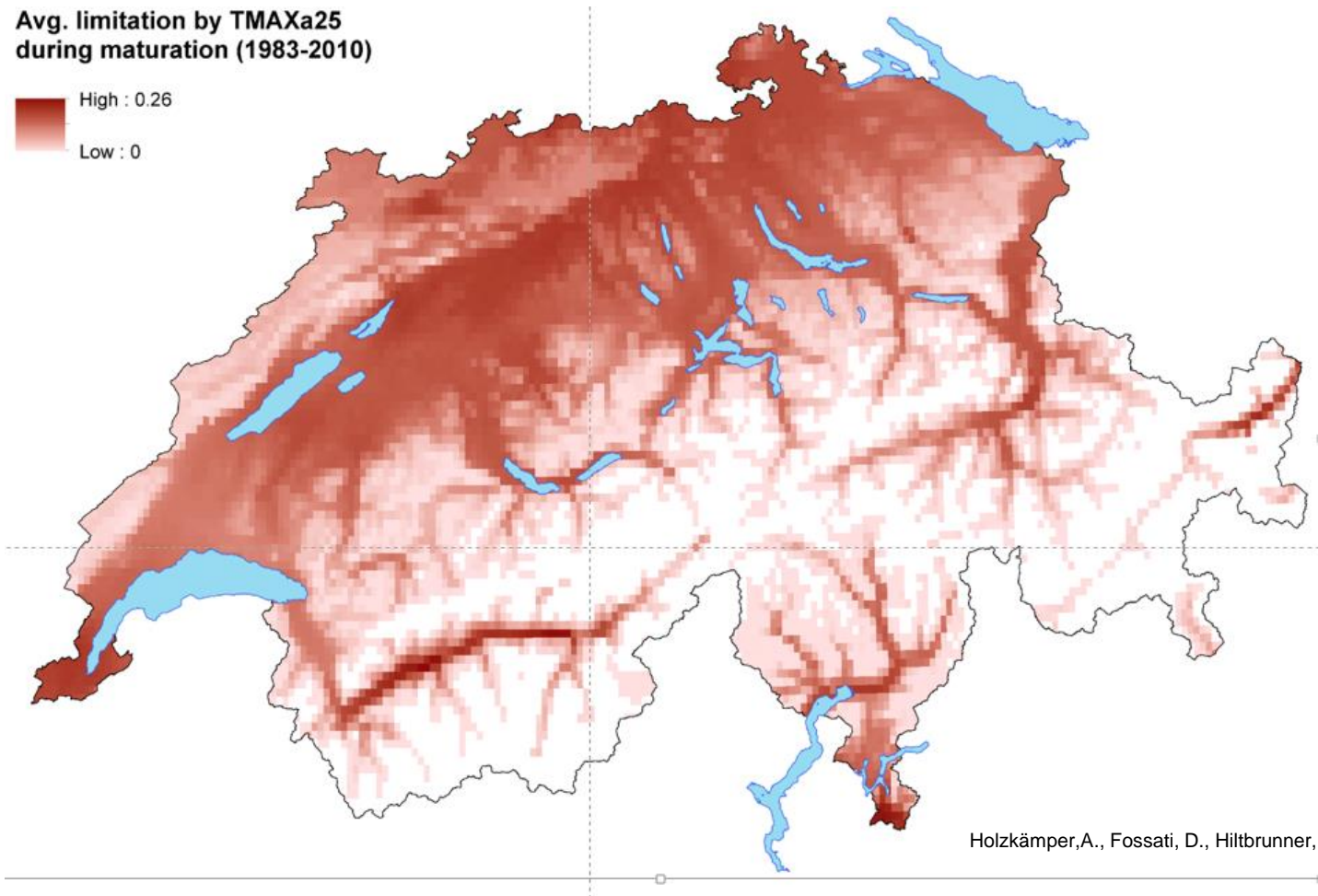


Avg. wheat climate suitability (1983-2010)



Carte du stress thermique pendant la croissance du grain ($T_{max} > 25^{\circ}\text{C}$)

Avg. limitation by TMAXa25
during maturation (1983-2010)



Holzschläger, A., Fossati, D., Hiltbrunner, J., Fuhrer, J., 2015



Conditions climatiques expliquant rendement et taux de protéine des dernières années

Bon rendement

- Automne doux et hiver frais: bon enracinement et bon tallage
- Bon rayonnement et température supérieure à 4°C pendant méiose: bonne fertilité d'épis
- Précipitation pendant montaison valorisant bien le 2^{ème} apport azoté
- Pas de température échaudante pendant le remplissage du grain en juin. Le trop chaud vient souvent en fin de maturité et n'est pas néfaste au rendement

Taux de protéine bas:

- Dilution du taux de protéine due à des rendement élevés
- Manque de précipitations (<15 mm) après le dernier apport azoté



Autres influences, le climat mais pas que...

Diagnostic général 1990-2012 ("Ferme" France)

dt/ha

Climat (température, eau)

-2.4 à -6

Conduite culturale

- Effet des précédents ~ -1.0 à -4.0
- Azote ~ -1.5
- TCS ~ -1.0
- Protection fongique ~ -1.5
- Autres, optimum économique ? ..?..

mais

- **Progrès génétiques** ~ **+10-12**



Influence de la génétique

Les variétés sont tendanciuellement ...

- De plus en plus **précoces surtout** à l'épiaison et à maturité
 - p.ex. Soissons, Apache ou en Suisse: CH Claro, Forel, CH Combin
- Plus courtes
 - Oui, sur le long terme mais actuellement la tendance est inversée
- Plus résistantes aux maladies fongique que les anciennes variétés
- Certaines variétés en particulier valorisent mieux l'azote
- De plus en plus souvent des blés de qualité supérieure



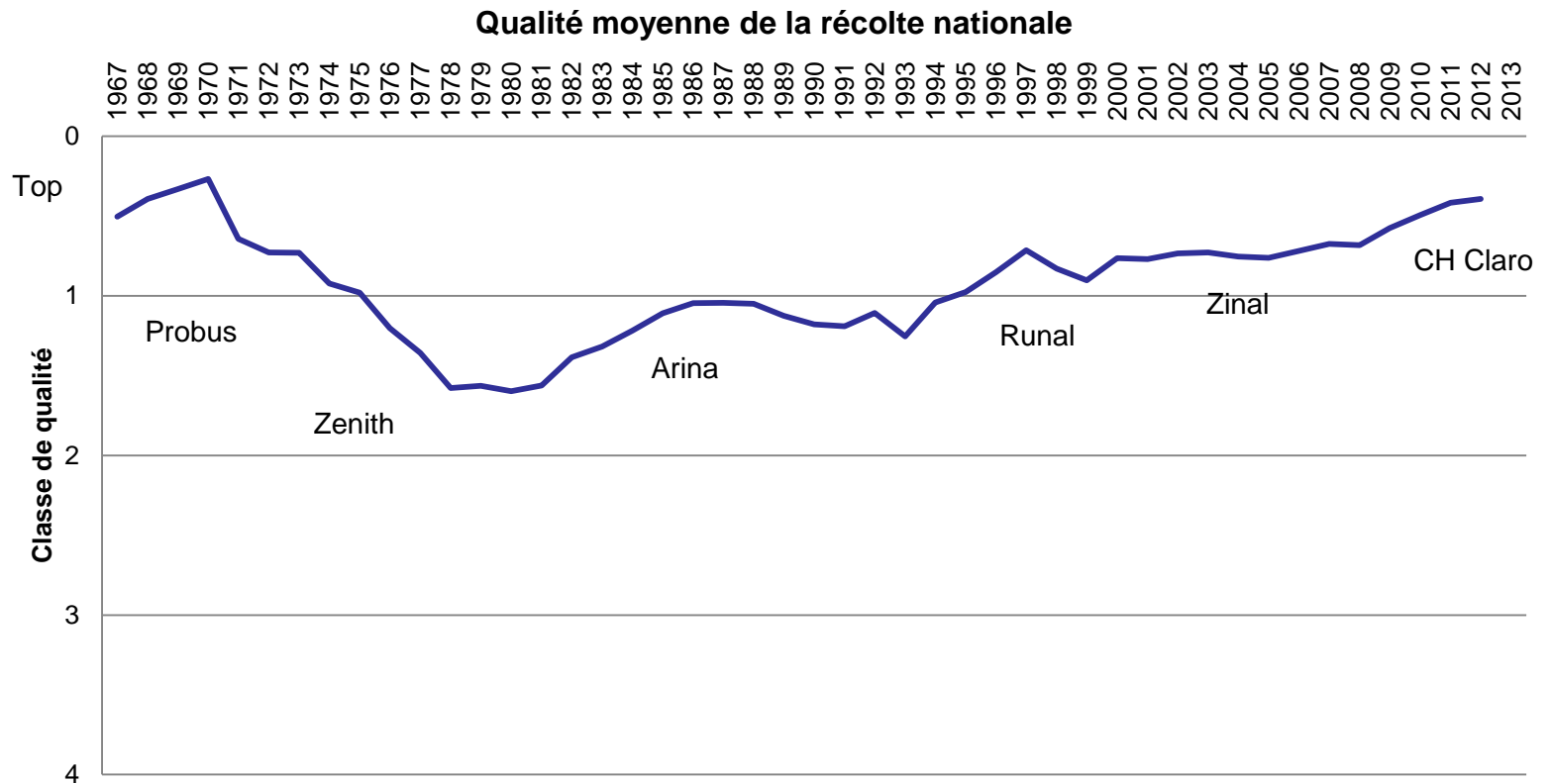
Evolution de la précocité des variétés suisses, relative à Arina





Evolution des types de blés cultivés

Part de blé de classe "top" en augmentation





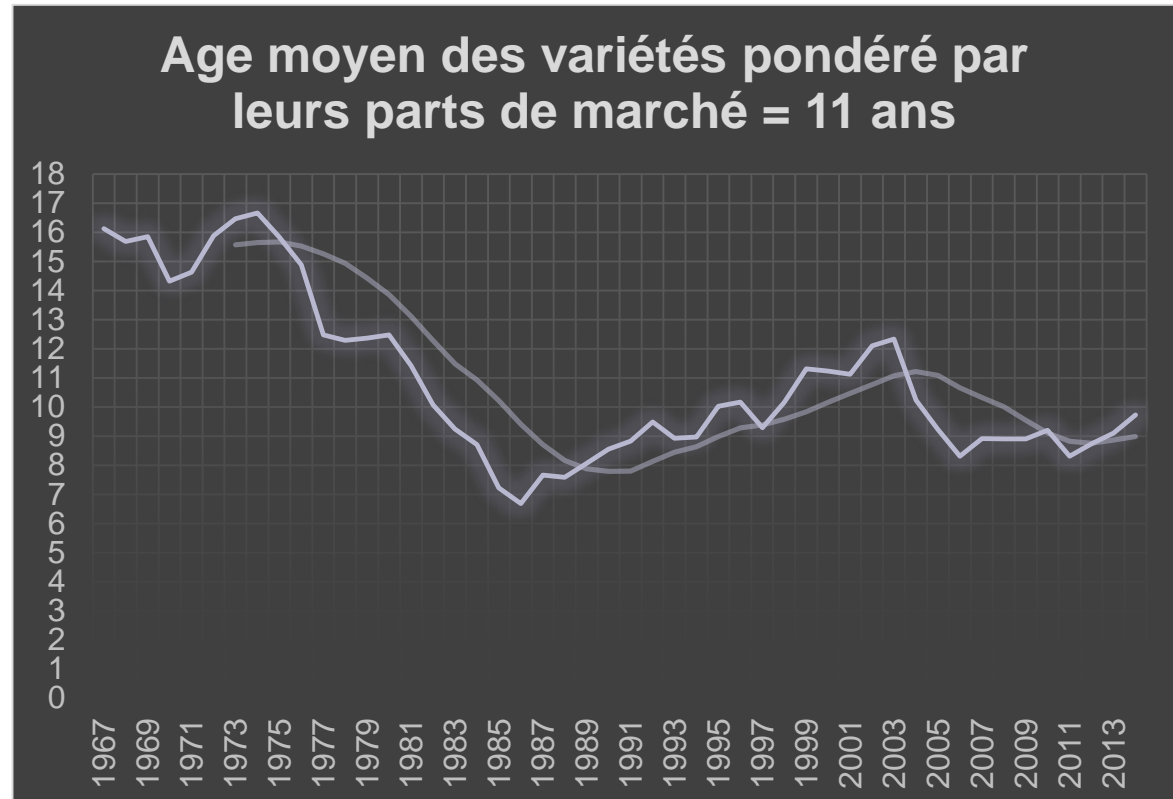
Vitesse de renouvellement de la génétique

Plutôt lente, surtout pour les variétés appréciées technologiquement

p.ex.

- Arina (1981)
- Runal (1995)
- Levis (1997)

Le renouvellement des variétés est devenu plus rapide depuis les années 70' mais reste relativement lent.

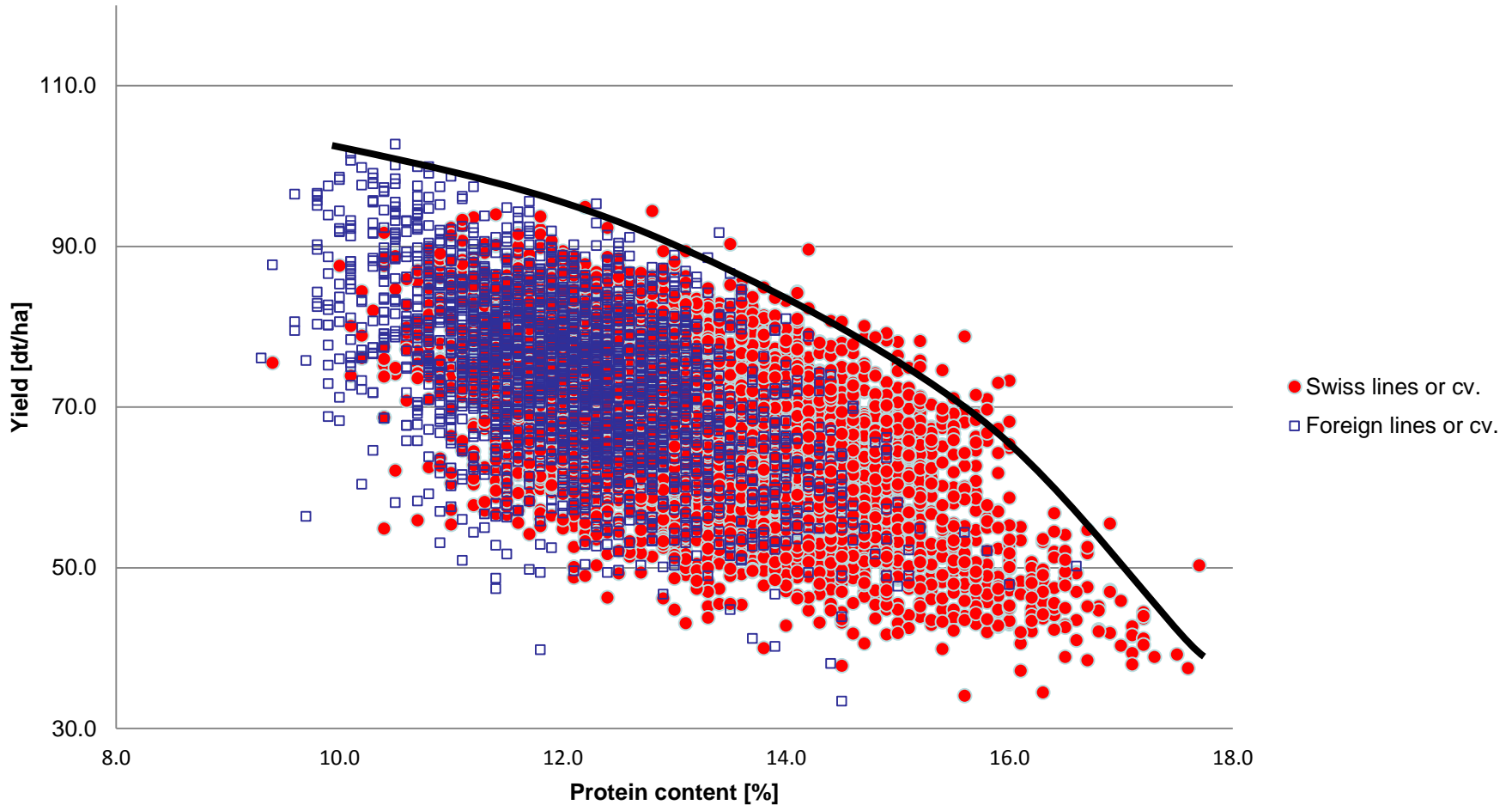


Réponse de la sélection

- Avant inscription, une variété sélectionnée en Suisse a été soumise à environ 15 ans de climat indigène (qui sera probablement très proche du climat des ~11 ans qui suivront son inscription)
- La sélection dans des lieux « durs » (Changins - Vouvry) anticipe un peu l'évolution climatique
- **Les objectifs n'ont pas changés, la haute qualité boulangère** reste un de nos premiers objectifs de sélection
- La **base génétique large** centrée sur la qualité est notre atout (des décennies avec cet objectif, 2 programmes de sélection bth & btp)
- L'utilisation des **blés de printemps** dans la sélection des blés d'hiver augmente la qualité boulangère (grande **diversité** allélique des gluténines, taux de protéines élevé)
- De plus, la sélection publique permet le travail sur le long terme, p.ex.
 - Germination sur pied (cumul de QTL)
 - Valeur nutritionnelle: Fibres, antioxydants (grains pourpres), couleur (farine jaune « lutéine »), vitamines, grain blanc (« Hard White Wheat »)
 - Valeur organoleptique



Chercher les « casseurs » de corrélation « protéine – rendement »





Impact du taux de protéine sur la qualité boulangère

Coefficient de corrélation entre protéine / Zeleny et les différents critères de panification sur la base des essais officiels et préliminaires (1987 – 2010) conduits en extenso

	Proteine [%]	Zeleny [ml]		Nombre d'observations
	r			(Proteine/Zeleny)
Zeleny [ml]	0.44	1	**	9580
Rendement en grain [dt/ha]	-0.60	-0.23	**	9580/9629
Gluten humide [%]	0.71	0.32	**	368
Farinograph : absorption en eau [%]	0.40	0.43	**	2048
Farinograph : Stabilité de la pâte [min]	0.62	0.47	**	2048
Farinograph : Perte de résistance [BU]	-0.31	-0.60	**	2051
Extensograph: DL/AL [index]	0.28	0.45	**	2046
Petits pains (RMT), volume [ml]	0.54	0.14	**	1900
Pain en moule, volume [ml]	0.39	0.46	**	288
Panification en grand (500g), volume [ml]	0.69	0.36	**	274
Tests de laboratoire, “schéma 90” [points]	0.49	0.86	**	317
Tests de panification, “schéma 90” [points]	0.47	0.51	**	280
Evaluation finale, “schéma 90” [points]	0.53	0.75	**	280

Réponses de la sélection suisse: des variétés adaptées aux différentes utilisations

- La sélection cherche le plus possible à **répondre aux besoins qualitatifs de la boulangerie suisse** :

- **Pain traditionnels mais aussi buns, pain de mie, ...**

→ Force boulangère élevée, bonne ténacité de la pâte et taux de protéine élevé

- **pâte feuilletée, viennoiserie (croissants), pâtons congelés, pousse contrôlée,**

→ Force boulangère élevée, taux de protéine élevé, forte **extensibilité** de la pâte

- **Biscuits**

Type Petit-Beurre (laminé): pâte très extensible, faible force boulangère, faible absorption d'eau et faible taux de protéine

Moulé: faible force boulangère, faible absorption d'eau et faible taux de protéine

Des variétés pour tous ces produits



Sélection du blé, climat, protéines

Cécile Brabant, Dario Fossati



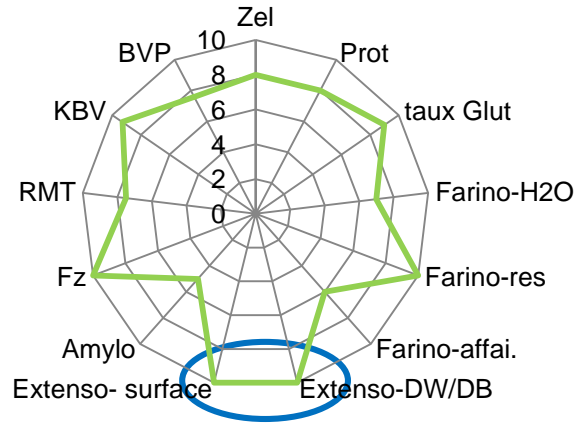
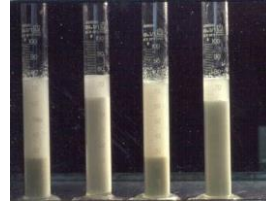
Les travaux en cours

Les travaux concernant la qualité boulangère au sein de notre groupe ont pour but principalement :

- D'introduire judicieusement de nouveaux outils pour caractériser plus efficacement et plus précocement la qualité des lignées en sélection
- De décrire précisément la qualité des lignées en sélection, des géniteurs et des variétés lors des tests variétaux
- D'étudier quelles combinaisons alléliques sont les plus favorables à la qualité et sa stabilité



Tests rhéologiques et de panification



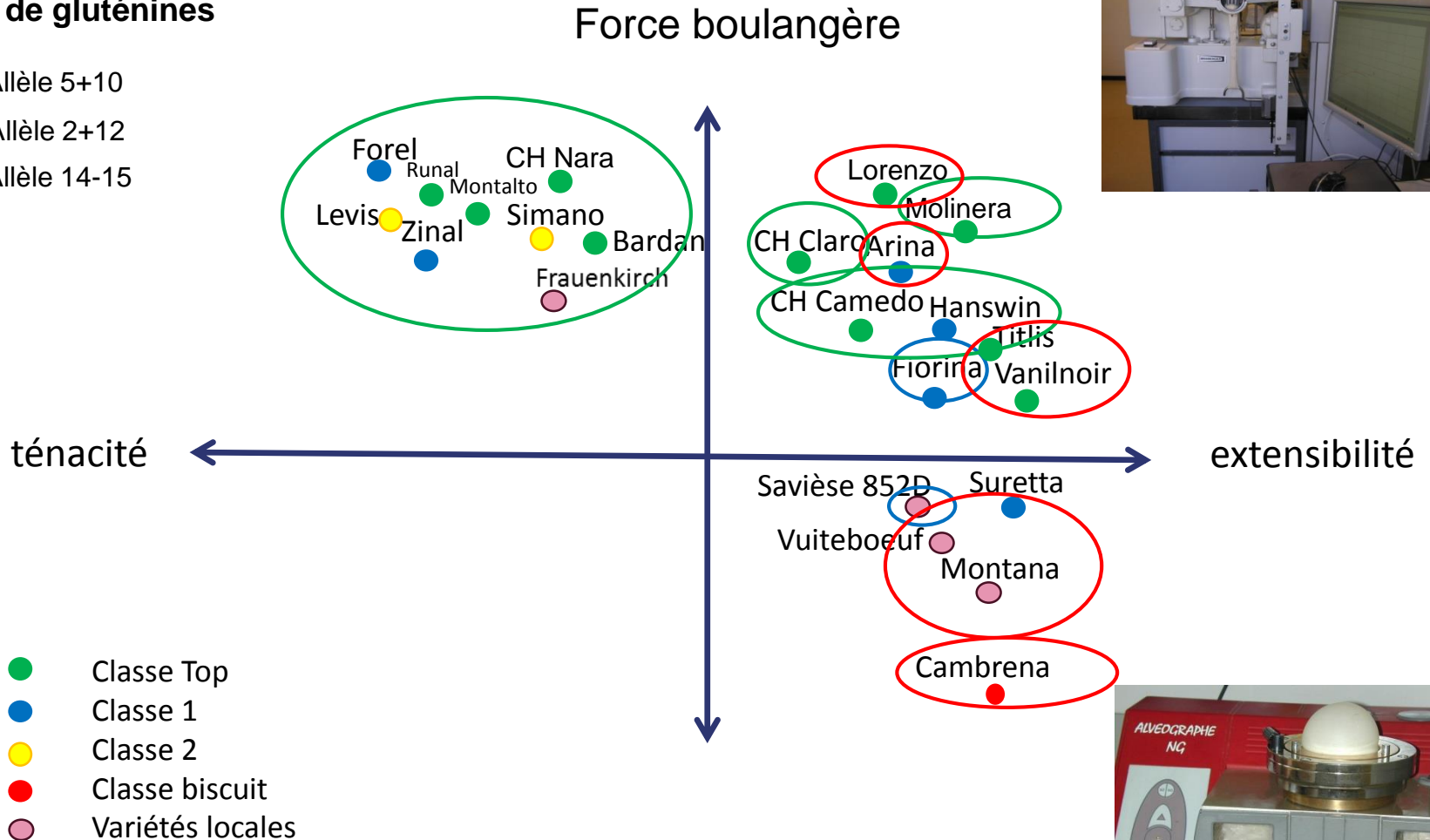
Sélection du blé, climat, protéines

Cécile Brabant, Dario Fossati

Impact qualitatif des gluténines à HPM

Allèles de gluténines

-  Allèle 5+10
-  Allèle 2+12
-  Allèle 14-15

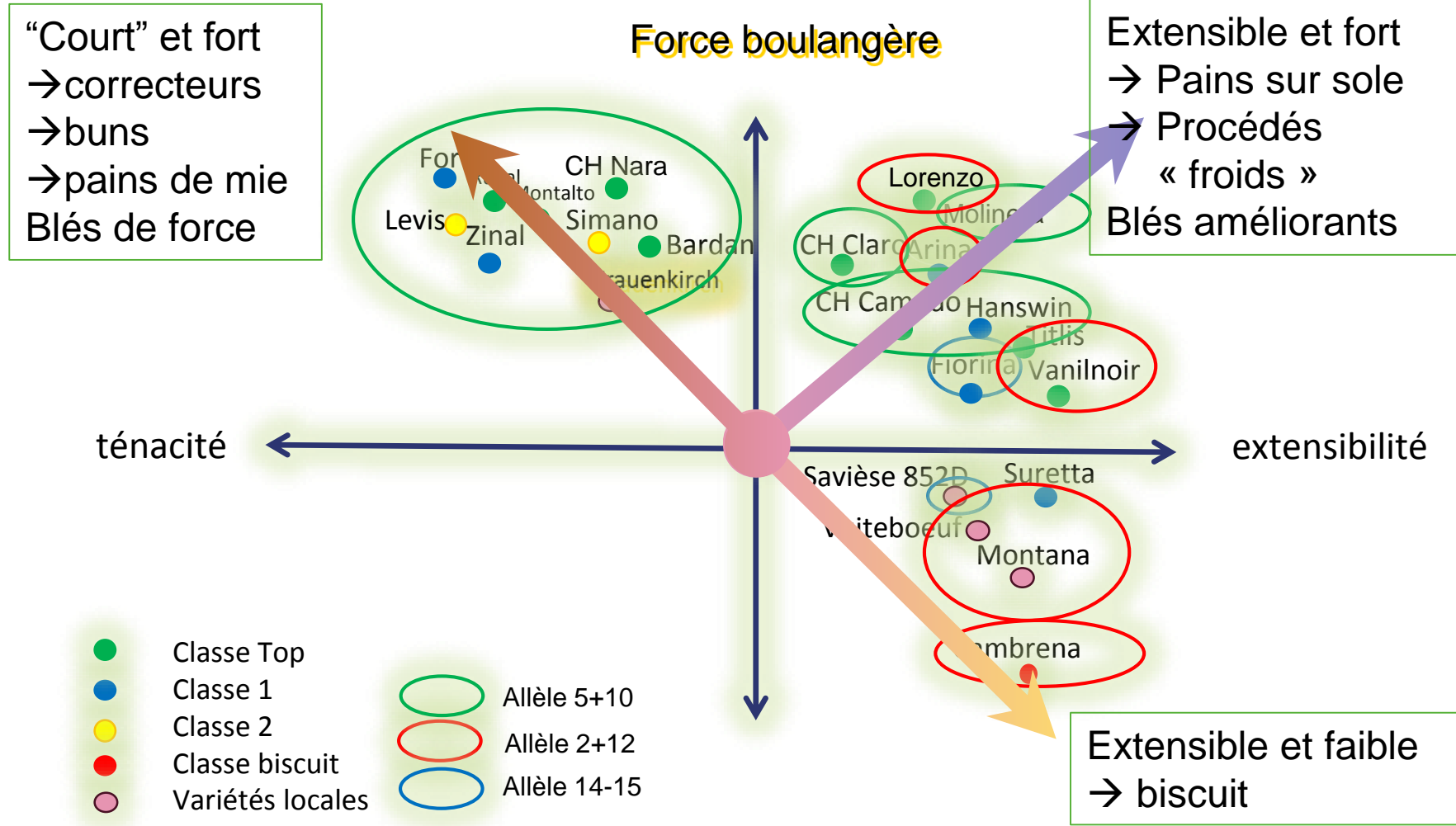


Sélection du blé, climat, protéines

Cécile Brabant, Dario Fossati



Impact qualitatif des variétés sur le produit fini



Sélection du blé, climat, protéines

Cécile Brabant, Dario Fossati



Essais 2012 en PER

en Extenso

Nom de la variété	Zeleny	Prot.ms grains	Gluten humide	Tests labo	Panifi- cation	LP'90	Q	Zeleny	Prot.ms grains	Gluten humide	Tests labo	Panifi- cation	LP'90
		NIT	far.	total	total	HV			NIT	far.	total	total	HV
	ml	%	%	points	points	valeur		ml	%	%	points	points	valeur
MOLINERA	70.9	15.9	36.5	93.0	85.3	178.3	TOP						
RUNAL	64.8	16.3	41.1	92.0	78.1	170.1	TOP	63.9	14.6	33.8	91.0	66.0	157.0
CH CAMEDO	69.6	15.0	35.9	88.0	75.5	163.5	TOP	69.1	14.0	31.9	79.0	61.0	140.0
CH CLARO	68.3	14.7	37.4	82.0	75.4	157.4	TOP	66.9	13.6	30.1	79.0	59.0	138.0
LORENZO	73.2	16.3	38.5	87.0	63.9	150.9	TOP	74.1	14.8	34.1	88.0	55.0	143.0
ARINA	67.4	15.0	37.5	72.0	61.1	133.1	Q1						
ZINAL	68.7	14.0	32.4	73.0	54.3	127.3	Q1	65.3	13.4	26.5	70.0	49.0	119.0
FOREL	70.2	14.4	31.5	76.0	51.3	127.3	Q1	69.6	12.9	26.3	71.0	53.0	124.0
CH COMBIN	68.4	13.8	30.4	69.0	54.7	123.7	Q1	67.9	12.9	28.5	74.0	55.0	129.0
CHAUMONT	66.7	13.6	30.3	60.0	58.4	118.4	Q1	60.9	12.0	28.1	70.0	58.0	128.0
SURETTA	67.4	14.9	40.0	64.0	53.6	117.6	Q1	63.1	13.9	34.0	69.0	50.0	119.0
SIMANO	66.9	14.1	32.0	66.0	51.0	117.0	Q1	62.8	12.9	29.2	69.0	52.0	121.0
RAINER	68.6	13.8	28.3	73.0	39.0	112.0	Q2						
LEVIS	68.8	13.8	29.8	71.0	36.5	107.5	Q2	66.6	13.0	24.9	71.0	36.0	107.0
CAMBRENA	40.9	13.1	29.0	36.0			Q4	33.7	12.9	24.7			
BOCKRIS	61.2	12.8					Q5						
PAPAGENO	42.5	12.3					Q5						

Sélection du blé, climat, protéines

Cécile Brabant, Dario Fossati



Conclusions

- Le potentiel protéique et qualitatif des variétés TOP d'Agroscope-DSP est parmi le plus haut en Europe. Ces variétés possèdent des teneurs en protéine élevées, une bonne force boulangère et une bonne qualité de gluten
- Les variétés Agroscope-DSP ont une qualité rhéologique diversifiée (tenaces ou extensibles). Elles répondent aux exigences diverses de la boulangerie.
- Ces variétés sont adaptées au climat indigène actuel. Toutefois, les conditions du milieu (sol, météo, techniques culturales) ne permettent pas toujours d'atteindre les potentiels génétiques des variétés.



Merci pour votre attention

Agroscope une bonne alimentation,
un environnement sain

