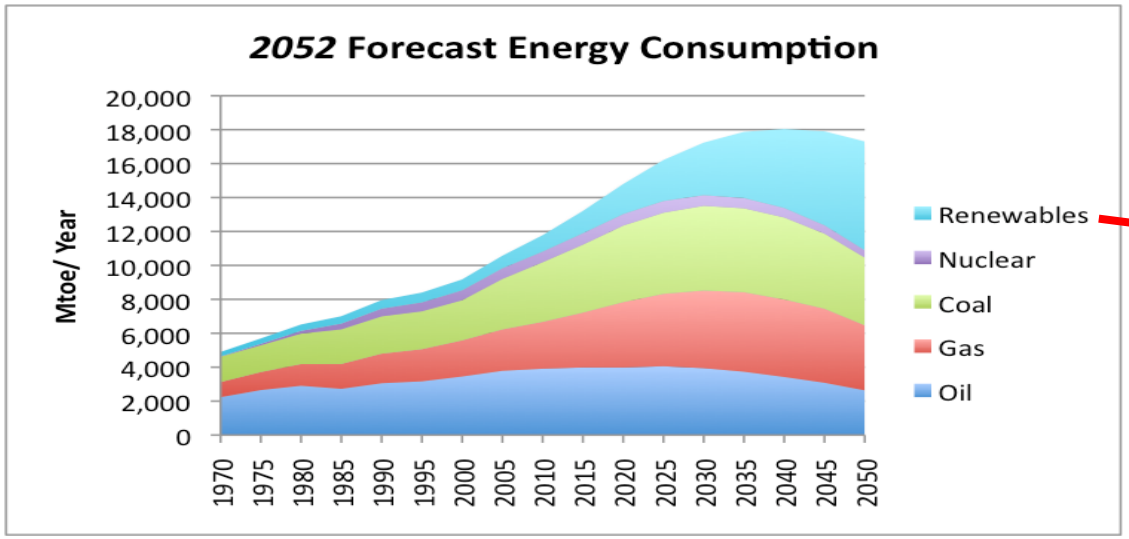
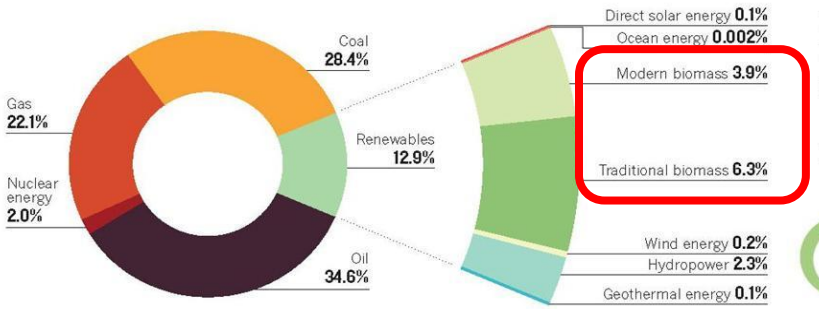
Développement de filières de valorisation de la biomasse et apports de la génétique / biotechnologie : le cas du sorgho

David Pot
CIRAD, UMR AGAP
Genetic Resources team
Avenue Agropolis - 34398 Montpellier Cedex 5
david.pot@cirad.fr

Nécessités de modèles energétiques alternatifs



Biomasse = 10.2 %



Report International Panel for Climate Change, May 9th 2011.

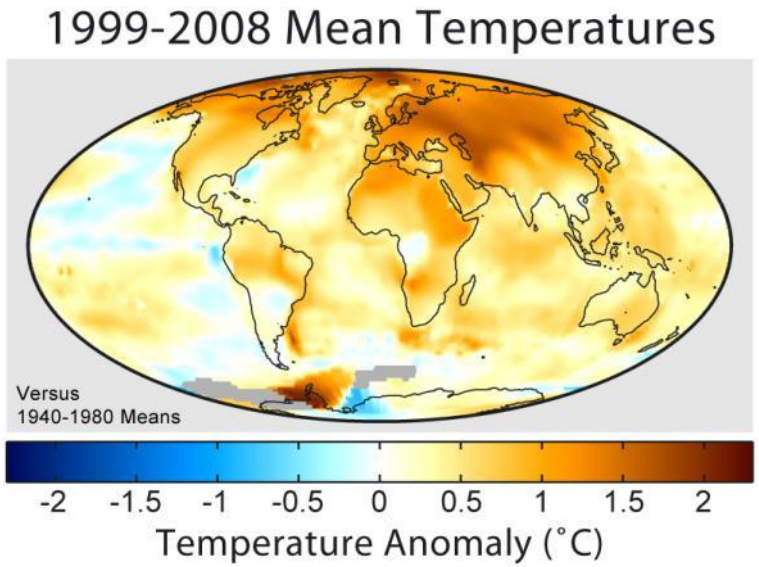
Nature 473, 134 (2011)

International Energy Agency

- Prévision 2050: la biomasse devrait répondre de 25 à 33 % des besoins énergétiques (sans impact sur biodiversité, eaux et sols)

Pas uniquement un problème d'énergie…

•Les dérivés du pétrole sont utilisés dans une très large gamme d'aplications. La biomasse (Carbone) peut se substituer à certains de ces dérivés



NASA GISS Surface Temperature Analysis (GISTEMP)

•Les produits biosourcés devraient présenter des empreintes écologiques plus faibles que ceux dérivés des ressources fossiles

•Mais ACV et analyses socio économiques sont toujours indispensables

Mise en place de filières Biomasse : les challenges à relever

- Communication entre les acteurs
  - Ressources => « consommateurs »
  - Producteurs / gestionnaires => transformation => production => distribution

- Des ressources adaptées
  - ✓ aux producteurs
  - ✓ aux industriels
  - ✓ aux consommateurs

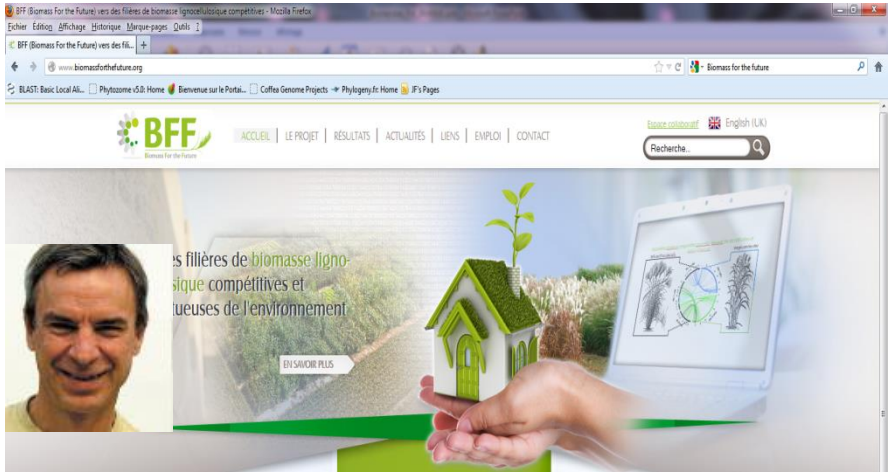
Ressource

Utilisation industrielle

- Des surfaces « agricoles » disponibles !

- Des volontés de valorisation de la ressource / d'évolution de l'agriculture : pertinences économique et sociale !

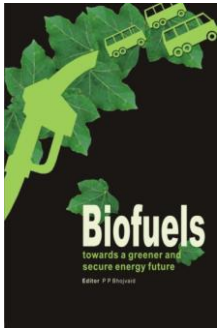
Impliquer les acteurs : des initiatives



- IA : 2012-2019
- Coord : H. Hofte (INRA)
- France
- Miscanthus, Sorgho

- Agropolis- Cariplo : 2014-2017
- Coord : D Pot (CIRAD)
- France –Italie – Afrique Ouest
- Sorgho

- Les cibles



Etc.

Le sorgho : des potentialités pour les filières de valorisation de la biomasse

- Un pilier de la sécurité alimentaire dans les pays sahéliens (=> CIRAD)
- **Filières de valorisation de la biomasse (Crescentino, Brésil (Canne à sucre)…)**
- Une plante « modulable »
  - Grains (alimentation humaine / animale) vs Sucres solubles (1G) vs Tige, bagasse, résidus de récoltes (2G, biomatériaux alimentation animale)
- Des caractéristiques agronomiques intéressantes (et des problèmes à résoudre !!!)
  - Potentiel de production de biomasse (30t/ha, 400 mm H20)
  - Besoins en intrants relativement faibles
  - Divers itinéraires techniques envisageables (dédiée, dérobée…)
- Un fort potentiel d'amélioration
  - Diversité génétique, histoire de sélection
  - Génome de référence (2009), des manques au niveau des outils de génomique fonctionnelle

BFF – BIOSORG : des réseaux en création / actions

Ressources

- Agronomie
- Logistique
- ACV
- Amélioration

Utilisations industrielles

- Thermie
- Méthanisation
- Biomatéraux
- Bioomposites

- Analyse socio Economique
- Partenaires territoriaux

Développer / optimiser des processus de production

- Des partenaires privés en prise avec les marchés

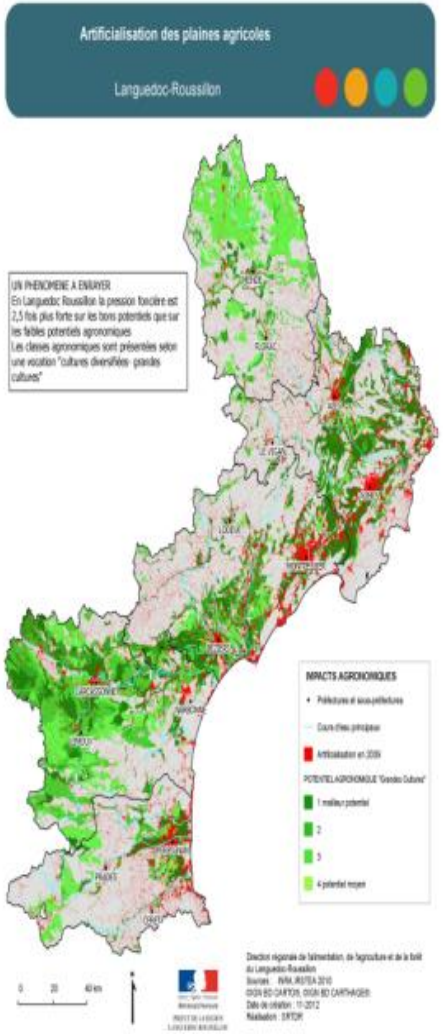
- Des partenaires publics

- Des partenaires externes

- Des liens à créer en région LR : entreprises R&D, industries…

Evaluer les possibilités d'implantation de productions de sorgho en LR : aspects socio-économiques et géographiques

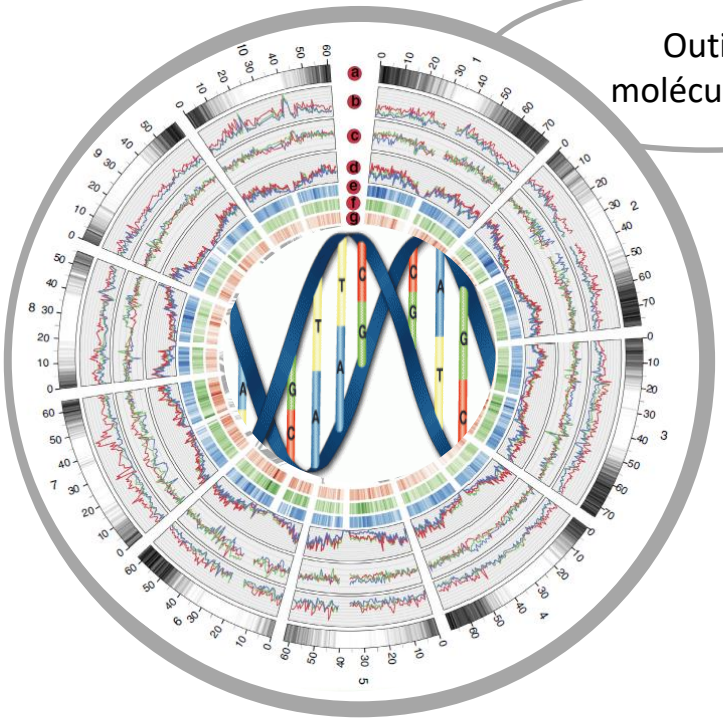
Une exploration prospective basée sur les réalités agricoles actuelles



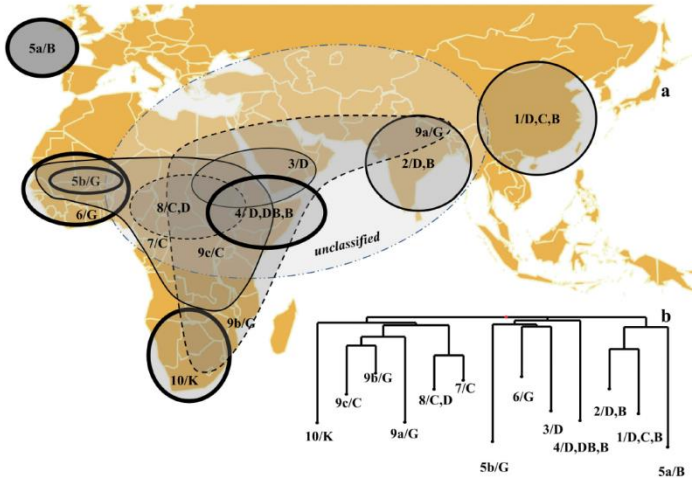
- Délimiter les zones de production pertinentes en termes agronomiques (contacts avec CRALR, DRAAF_LR...)
- Construire les scénarios des différentes chaines de valorisation (de la production à la consommation (acteurs clés, aspects législatifs))
- Définir pour chaque scénario les patterns d'aprovisionnement et de distribution (SIG)
- Evaluer chaque scénario en prenant en compte l'ensemble de la région LR
- Recommandations et guides de décision

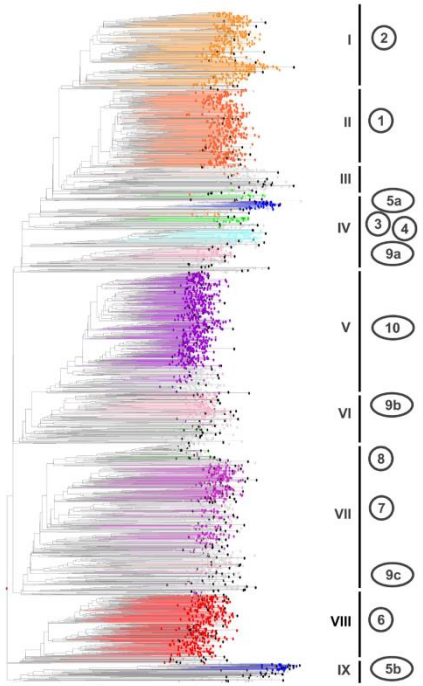
Un vision de la diversité génétique disponible : 3367 accessions de sorgho
Une base pour la sélection !

Diversité disponible



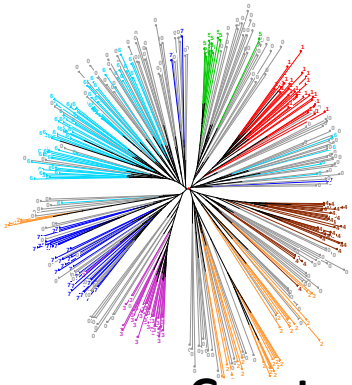
Outils moléculaires

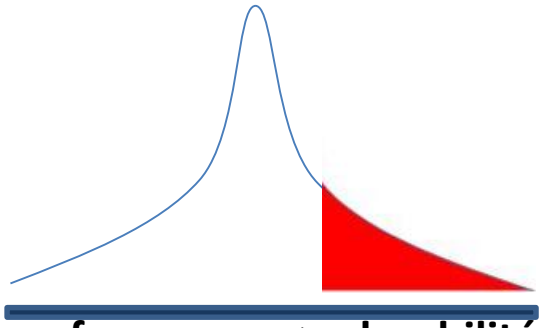




Billot et al 2013

La diversité génétique : une base pour définir les attentes des industriels





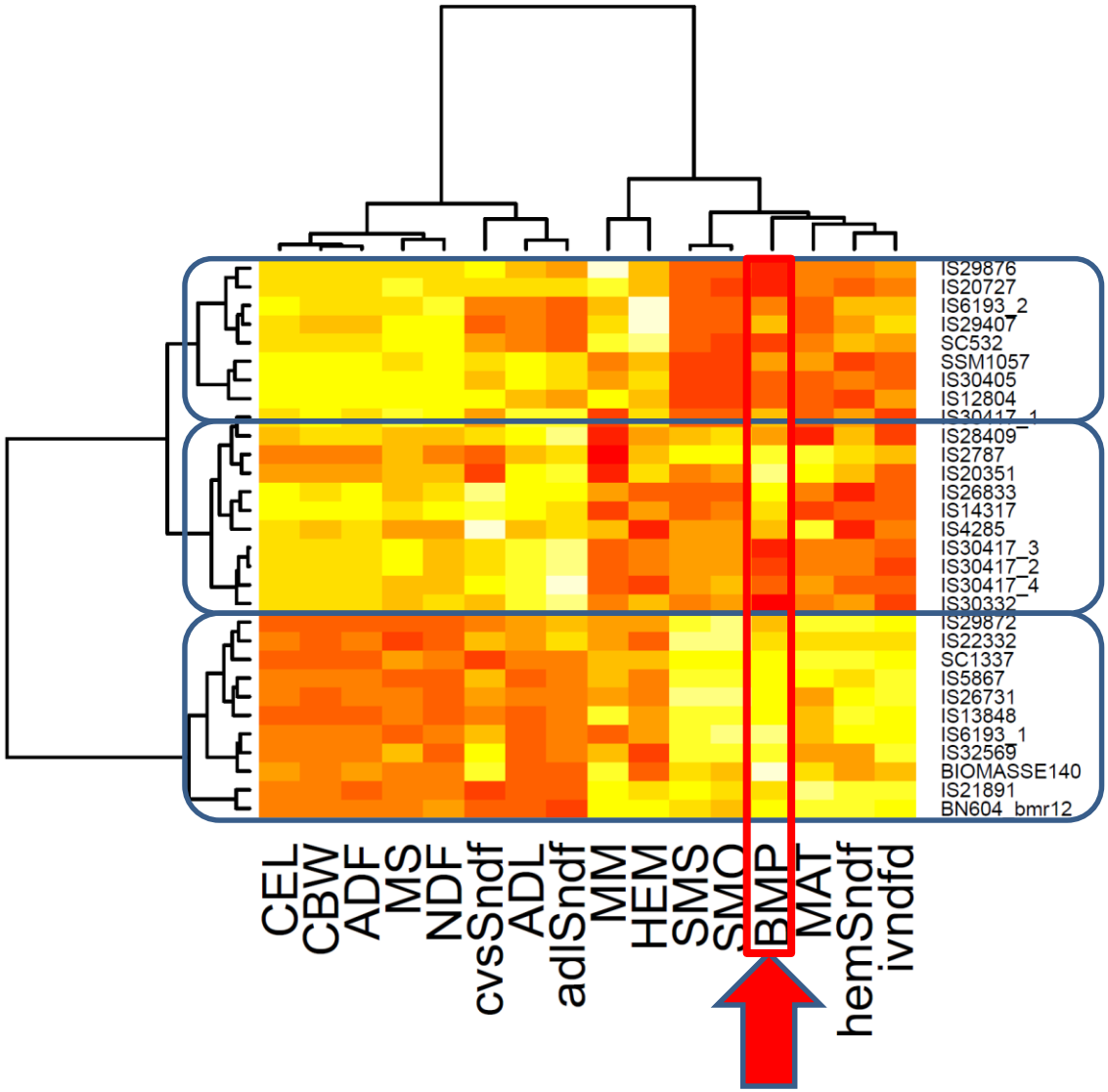
Genotypes > process > microstructure > performances > durabilité

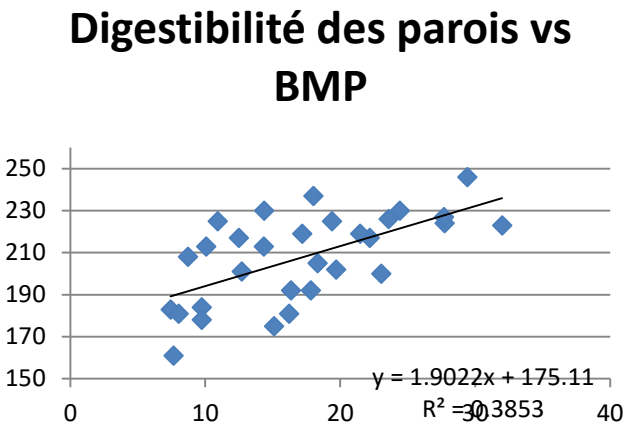
- Quels sont les génotypes qui répondent le mieux aux attentes des industriels ?
- A quelle(s) étape(s) y-a-t-il un effet génétique ?
- Traduction en critères biologiques / cibles de sélection !

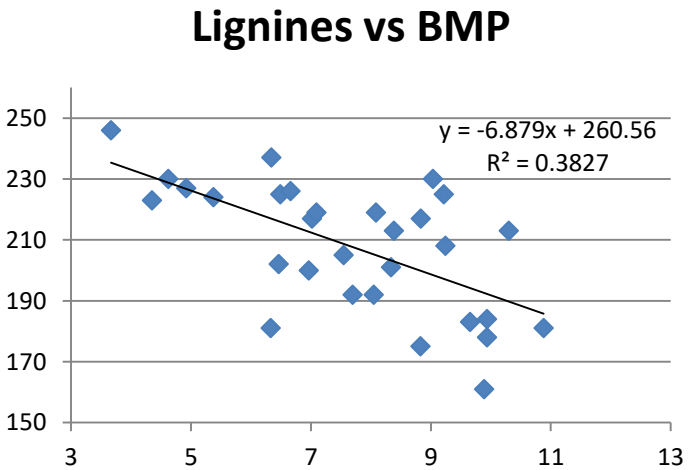
Vers un idéotype « Méthanisation » (1)

- 26 génotypes représentatifs de la diversité du sorgho
- « Tige » uniquement
- Une variabilité pour le potentiel de méthanisation ?

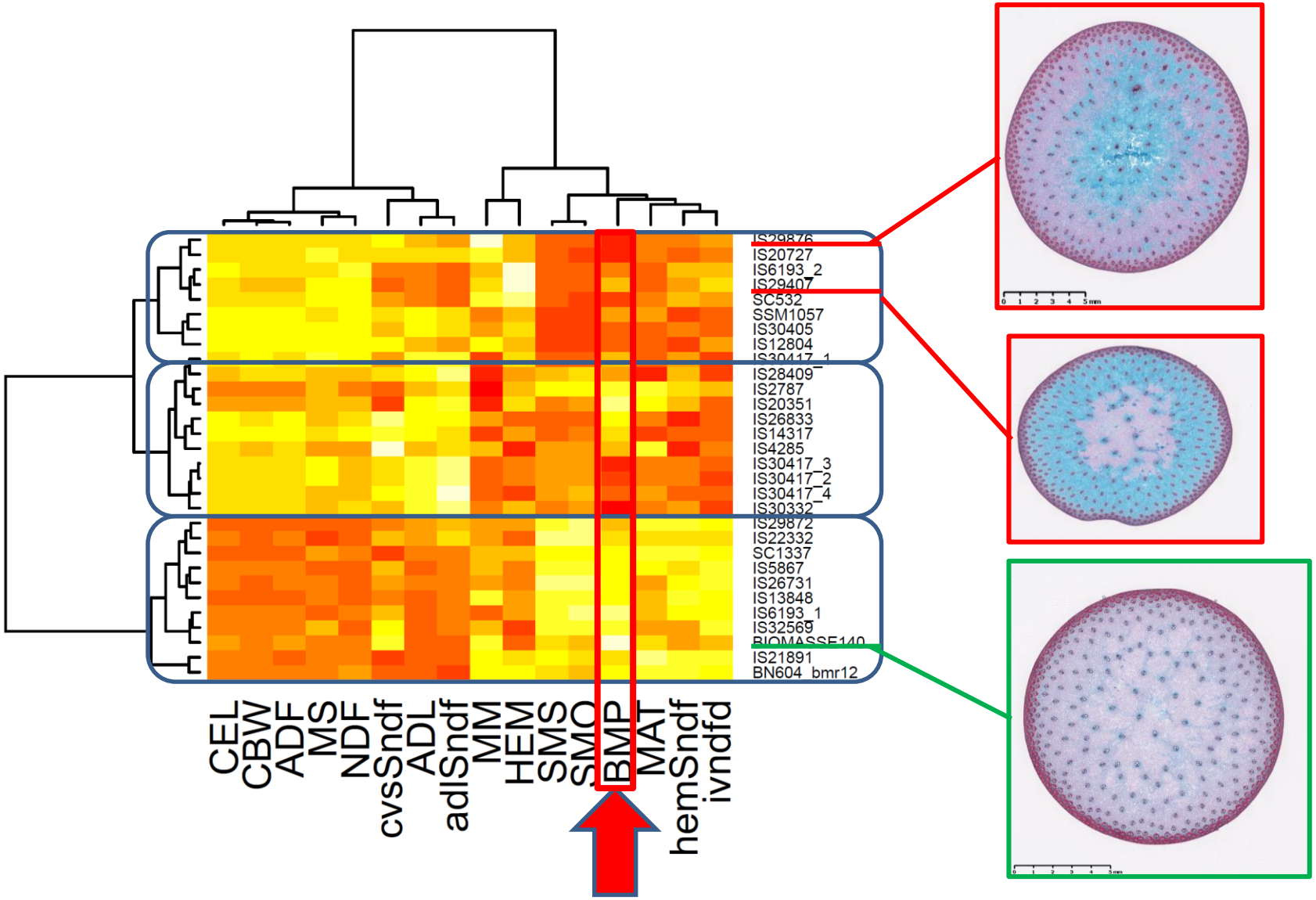
Vers un idéotype « Méthanisation » (2)







Vers un idéotype « Méthanisation » (3)



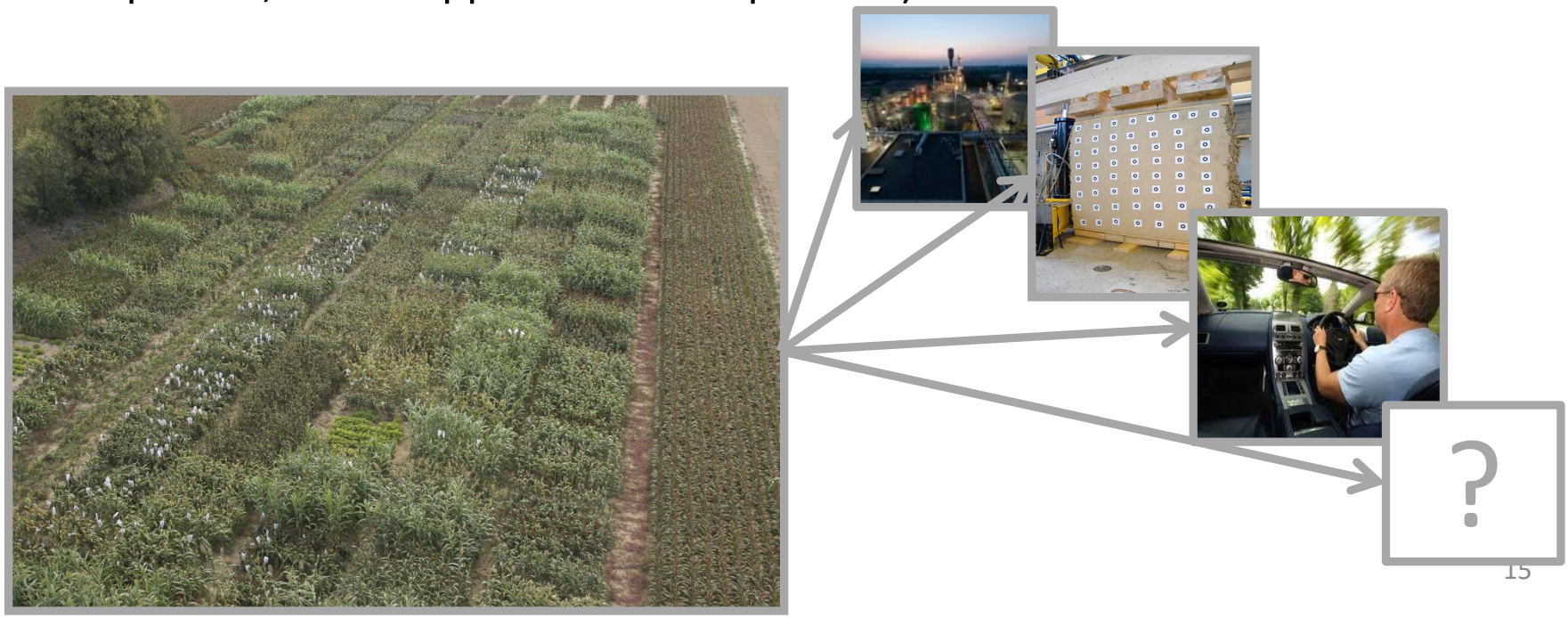
- Des cibles de sélection identifiées

Stratégie de sélection implémentée sur le sorgho

- Développer des hybrides pour les marchés « Ethanol 2G » et « Méthanisation » pour une inscription au catalogue en 2017

- Développer des parents élites pour les marchés « Ethanol 2G » et « Méthanisation » pour 2018-2020

- Développer des parents élites pour les autres cibles (biomatériaux, bio-composites, autres applications non prévues)



C1 : Vers des hybrides « Ethanol 2G » et « Méthanisation » : inscription au catalogue prévue en 2017

- Croisements entre des parents élites

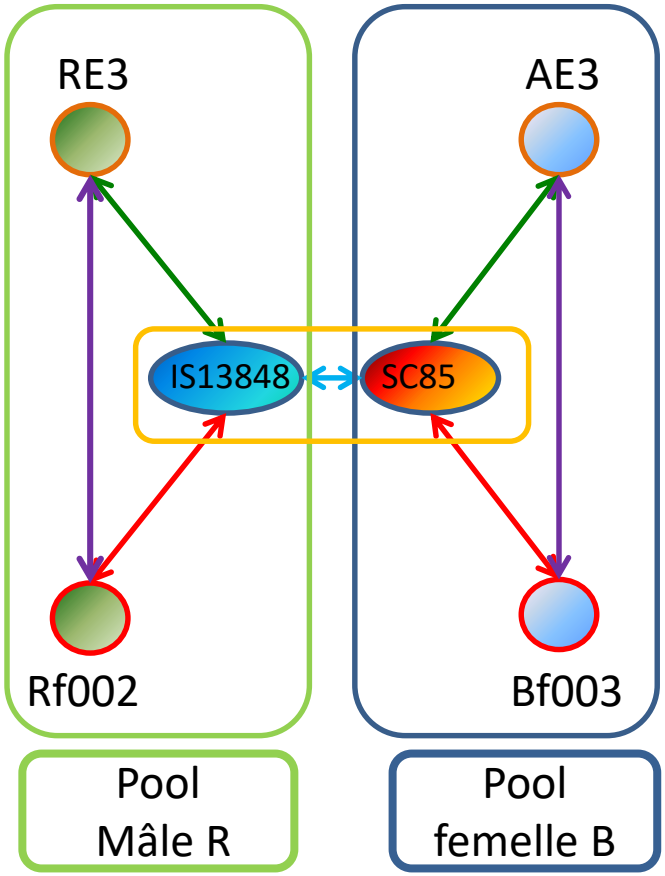
			male (R)												
								RAGT2n				Eurosorgho			
			IS30351	IS19358	IS28409	IS22291	IS929	RF001	RF002	RF003	RF005	RE1	RE2	RE3	RE4
Female (A/B)	CIRAD	IS29876A													
		IS9527A													
	RAGT	AR1													
		AR2													
		AR3													
		AR4													
	Eurosorgho	AE1													
		AE2													
		AE3													
		AE4													

- Sélection des parents basés sur leur rendement et la qualité de la biomasse (digestibilité)

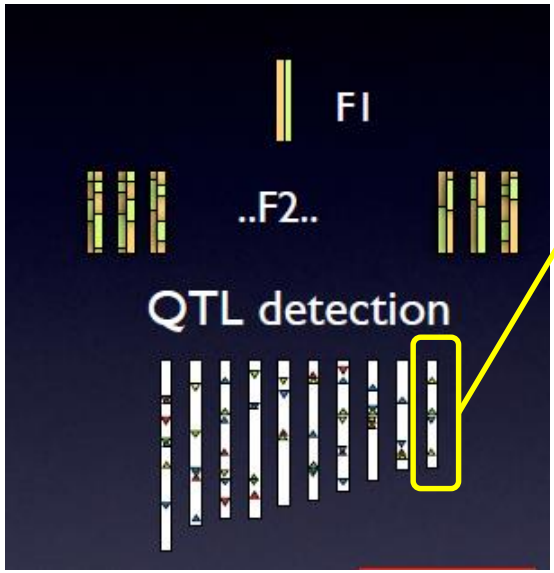
- Sélection « traditionnelle » : sans apport des marqueurs moléculaires

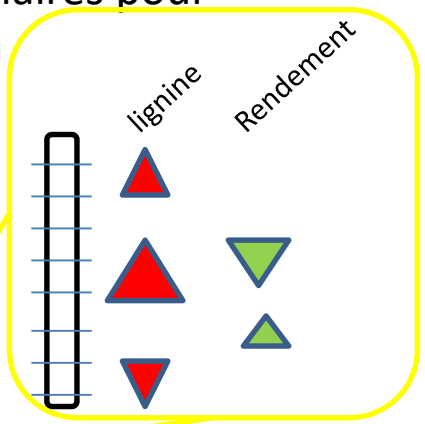
Développer des parents élites pour les marchés du 2G et de la Méthanisation pour 2018-2020 (SRAM multiparentale)

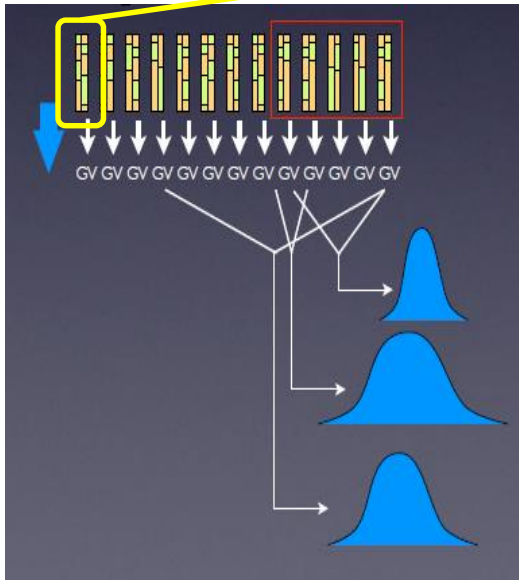
- Des croisements élites



- Utilisation des marqueurs moléculaires pour optimiser l'efficacité de la sélection







Sélection des meilleurs variétés en utilisant les informations « marqueurs »

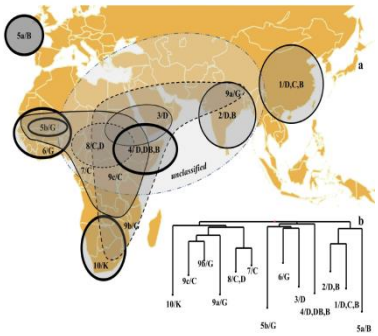
Développer des parents élites pour les autres cibles : biomatériaux, bio-composites, autres applications non prévues

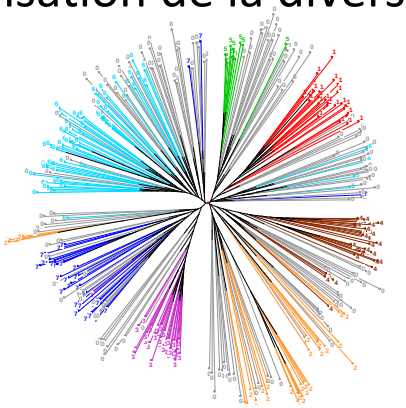
- Tous les idéotypes cibles ne sont pas connus (nouvelles applications non prévues, importance de la conservation de la diversité génétique)

- Identifier les allèles contrôlant les propriétés de la biomasse
  - composition
  - Structure
  - Rhéologie

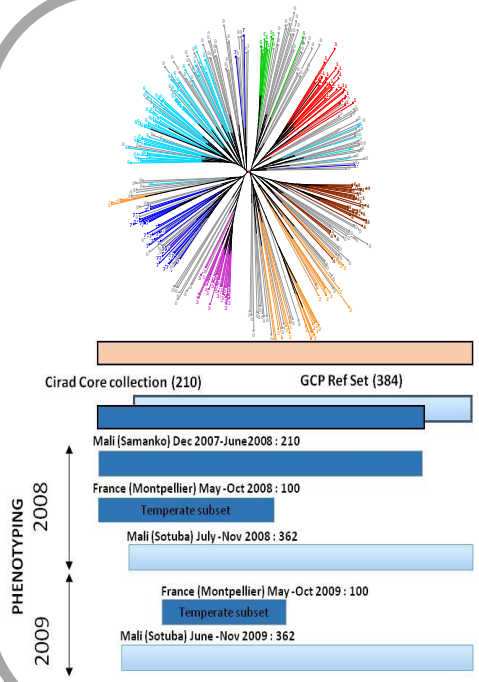
- Pour les introduire ensuite dans les variétés élites

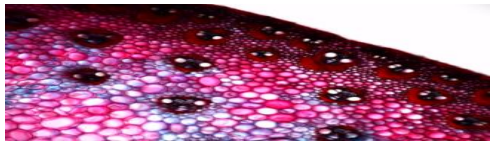
- Une approche basée sur l'utilisation de la diversité naturelle

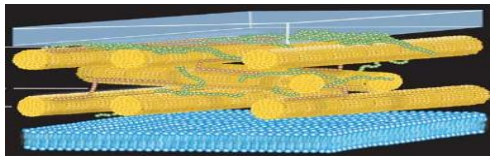




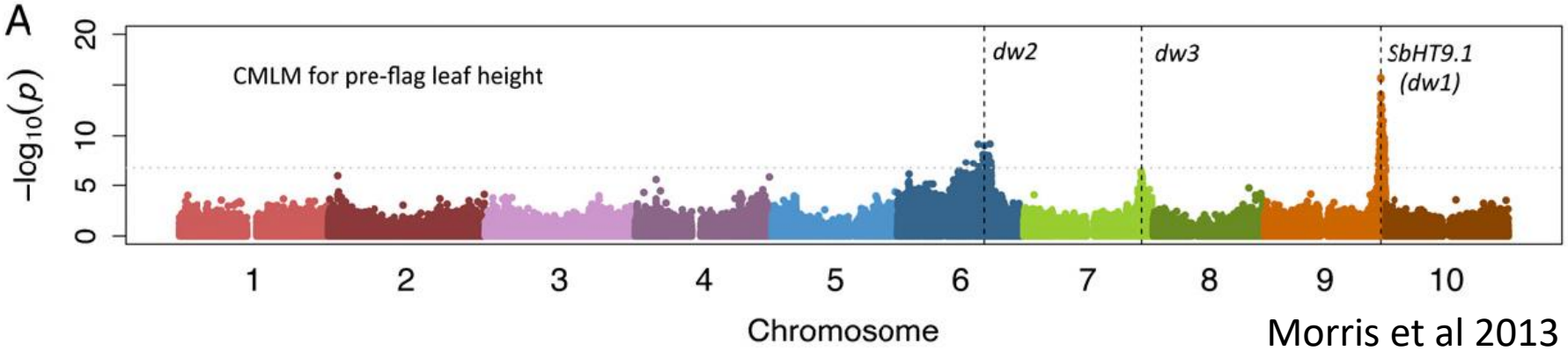
Identifier les gènes et les allèles d'intérêt pour optimiser et accélérer la sélection







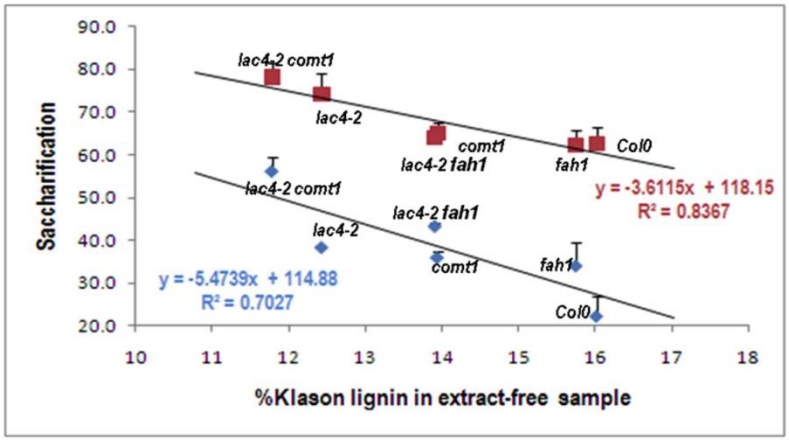
Génotypage dense (>100 000 SNP)



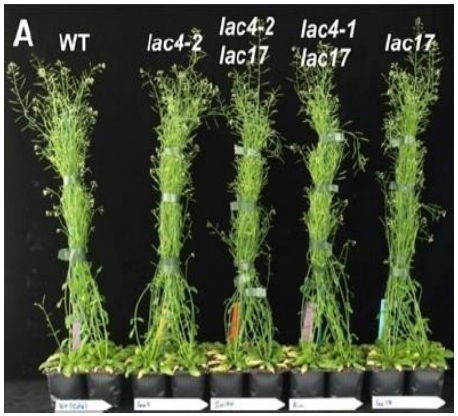
Morris et al 2013

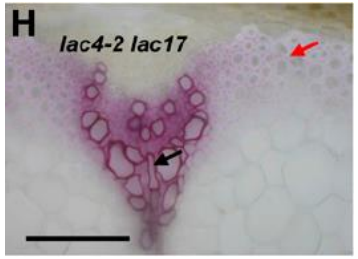
Les approches OGM : des potentialités au niveau des filières biomasse

- Des complémentarités par rapport à l'utilisation des ressources naturelles
- Plantes non alimentaires
- Des gains qui peuvent être très importants en termes de
  - Composition
  - Densité de la biomasse
- Une optimisation des stratégies de transformation



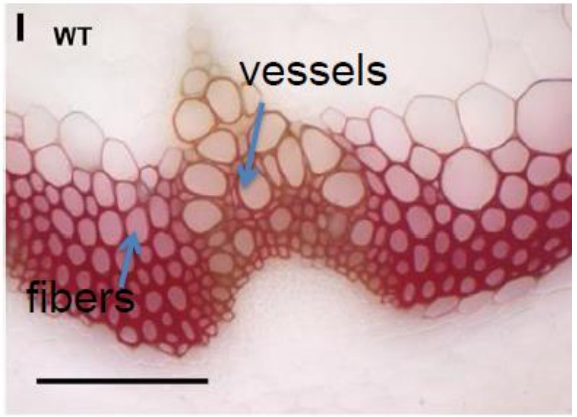
Herman Hofte (CAT GIS BV 2014)

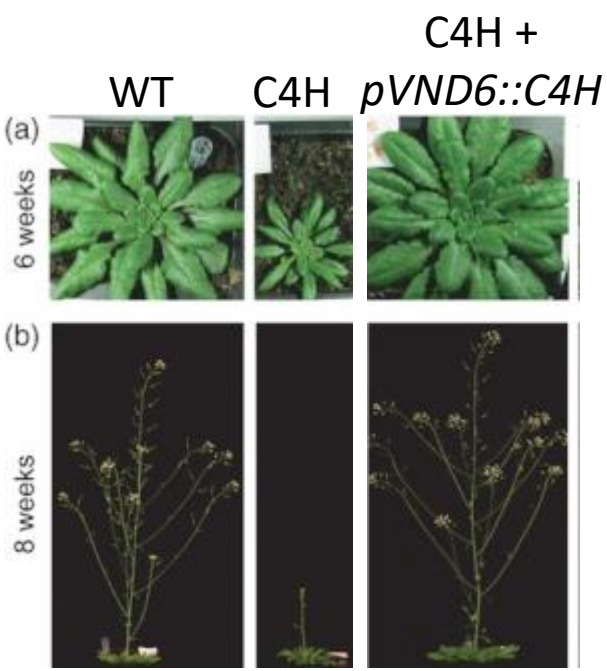




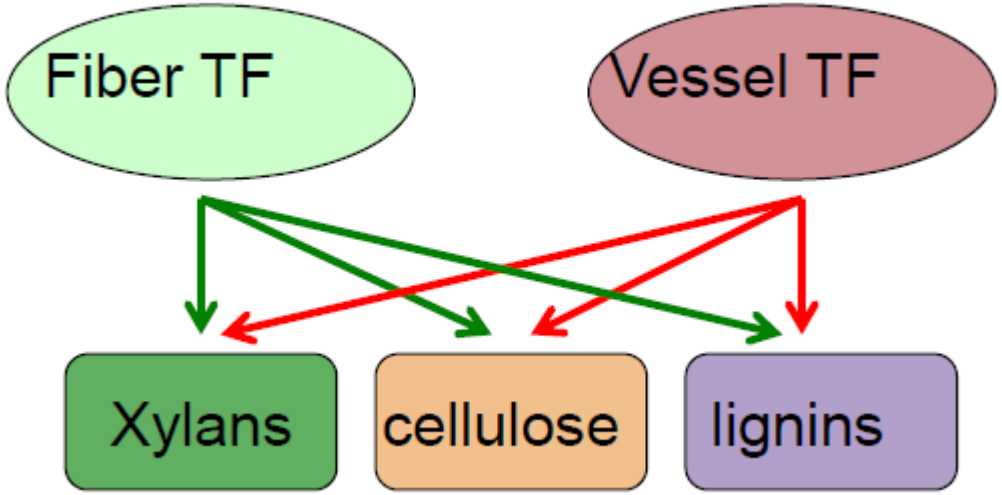
Berthet et al 2011

Vers un affinage des stratégies OGM pour l'optimisation de la production de biomasse



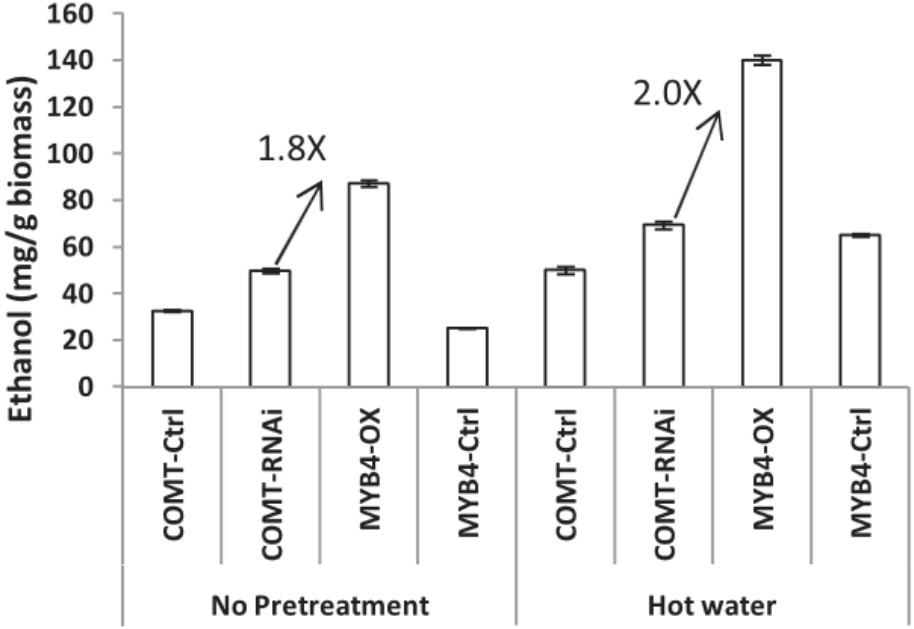


Yang et al 2012



- Teneur en lignines normale dans les vaisseaux conducteurs
- Teneurs faibles dans les fibres
- Croissance de la plante normale
- Des possibilités d'optimisation de la composition de la biomasse en conservant la production

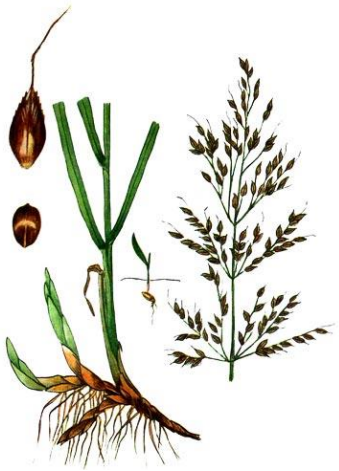
Switchgrass : des plantes transformées plus productives en éthanol et plus économes

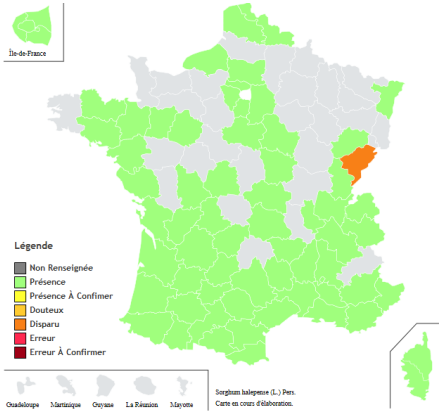


Shen et al 2013

- Augmentation de 2.6 X du rendement en éthanol sans prétraitement
- Réduction des coûts de 45 % au niveau du cocktail enzymatique (réduction récalcitrance)

Sorgho et stratégie OGM





- Des apparentées adventices « envahissantes » : le sorgho d'Alep

- Des flux de gènes possibles entre sorgho cultivés et adventices (Sagnard et al 2011)

- Des méthodologies de transformation génétique chez le sorgho encore balbutiantes. Nécessité d'investissement au niveau de la culture cellulaire…

- Quid des avantages adaptatifs de plantes présentant des composition de parois cellulaires modifiées ?

Vers un réflexion élargie

- Nécessité d'approches multi-ressources : le sorgho ne pourra représenter qu'une portion de la biomasse utilisée

- Mobilisations des nouveaux acteurs :
  - ✓ Entreprises de R&D : Biotechnologie blanche, mise en forme des matériaux…
  - ✓ Industriels : substitution des dérivés du pétrole par dérivés bio-sourcés (en fournissant des preuves de concept)

- Inititative 3S-en-LR : 15 propositions autour de la bio-économie. **Le Languedoc Roussillon une référence mondiale d'intégration ?**

Les projets et les partenaires

- ANR Grassbiofuel. Coord : Y Barrière (INRA)
- UE FP7 Sweetfuel. Coord : S Braconnier (CIRAD)
- Projet Région Sorgho. Coord : A Beauchart (LR Transfert)
- IA Biomass For the Future. Coord : H Hofte (INRA)
- Biosorg. Coord : David Pot (CIRAD)

Merci pour votre attention