



La fertilité des sols dans les systèmes fourragers

Journées AFPF (8 - 9 avril 2015 – Paris)

Légumineuses et prairies temporaires : des fournitures d'azote pour les rotations

F. Vertès¹, M-H. Jeuffroy², G. Louarn³, A-S Voisin⁴, E. Justes⁵

INRA, ¹UMR1069 Sol Agro et hydrosystème Spatialisation Rennes-Quimper, ²UMR211 Agronomie Thiverval Grignon ; ³UR4-URP3F Lusignan, ⁴UMR 1347 Agroécologie Dijon ; ⁵UMR1248 AGIR, Toulouse

Plan

1. Enjeux
2. Place et rôles des légumineuses dans les assolement et les rotations
3. La fixation symbiotique
4. Que devient l'azote fixé, et plus généralement l'N des légumineuses ?
5. Gestion agronomique : production et pertes N, de la culture à la rotation
6. Conclusions

Contexte, enjeux

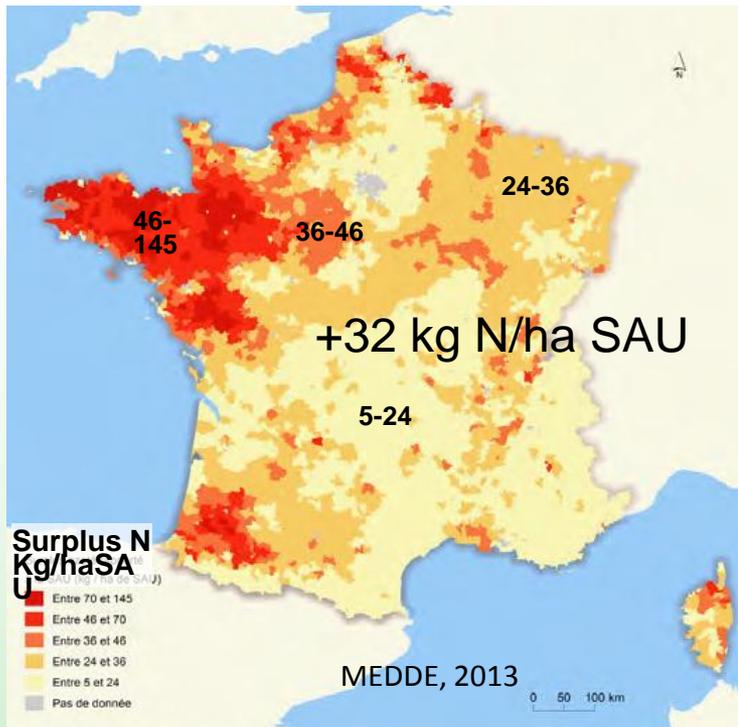
Les légumineuses permettent

- i) de produire des matières premières riches en protéines et énergie, pour l'alimentation animale ou humaine,**
- ii) en utilisant la fixation symbiotique comme voie d'entrée de l'azote dans les systèmes de production agricole, en alternative à l'emploi d'engrais industriels (↘ GES et énergie)**
- iii) d'améliorer la nutrition azotée des rotations**
- iv) de diversifier les espèces végétales cultivées**

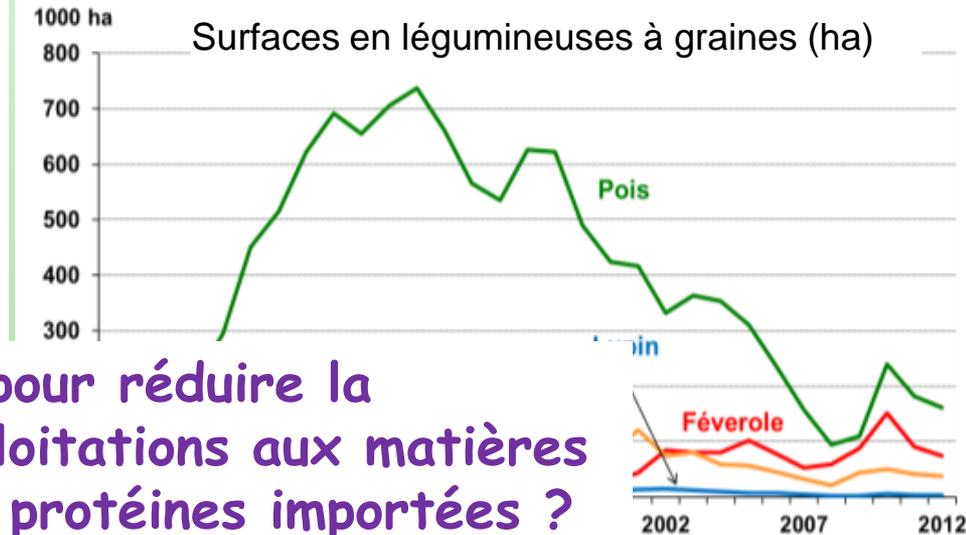
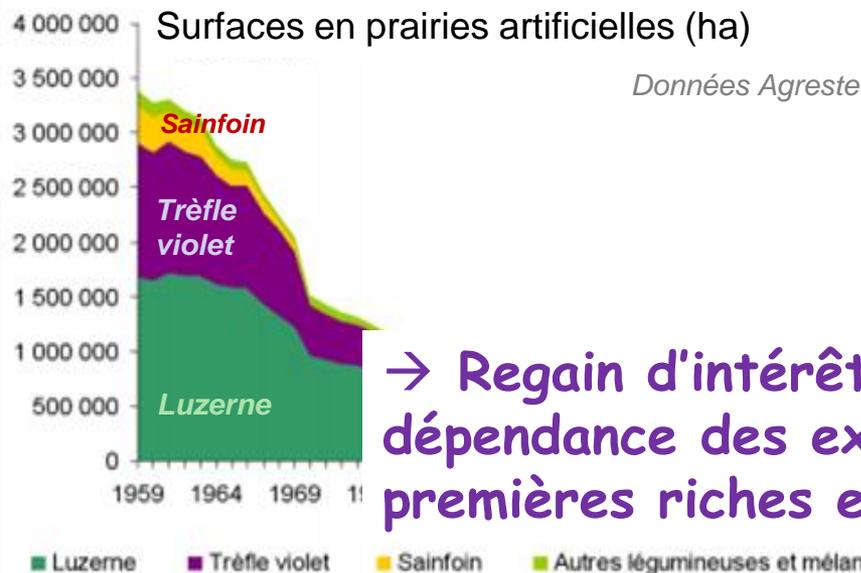
Un des leviers relevant de l'agro-écologie pour améliorer la durabilité de l'agriculture et l'autonomie protéique des systèmes alimentaires et réduire la dépendance au soja

Enjeux Pour l'agriculture française

- Une faible efficacité moyenne des apports d'engrais (absorption < 50 % N apporté)
- Une contribution majeure aux émissions de N_2O
- Une dépendance énergétique élevée des exploitations agricoles
- Des stratégies à déployer / NH_3 (plan particules) et NO_3 (directive Nitrates)



Alors que légumineuses = source d'N non émettrice de GES (Rochette & Janzen 2005; Jeuffroy et al 2013), elles tendent à disparaître des assolements nationaux.



→ Regain d'intérêt pour réduire la dépendance des exploitations aux matières premières riches en protéines importées ?

Des rôles multiples dans les rotations

D'après Schneider et Huyghe, 2015

Schématisation des grands types d'innovations dans les successions et les associations végétales

Année N | Année N+1 →

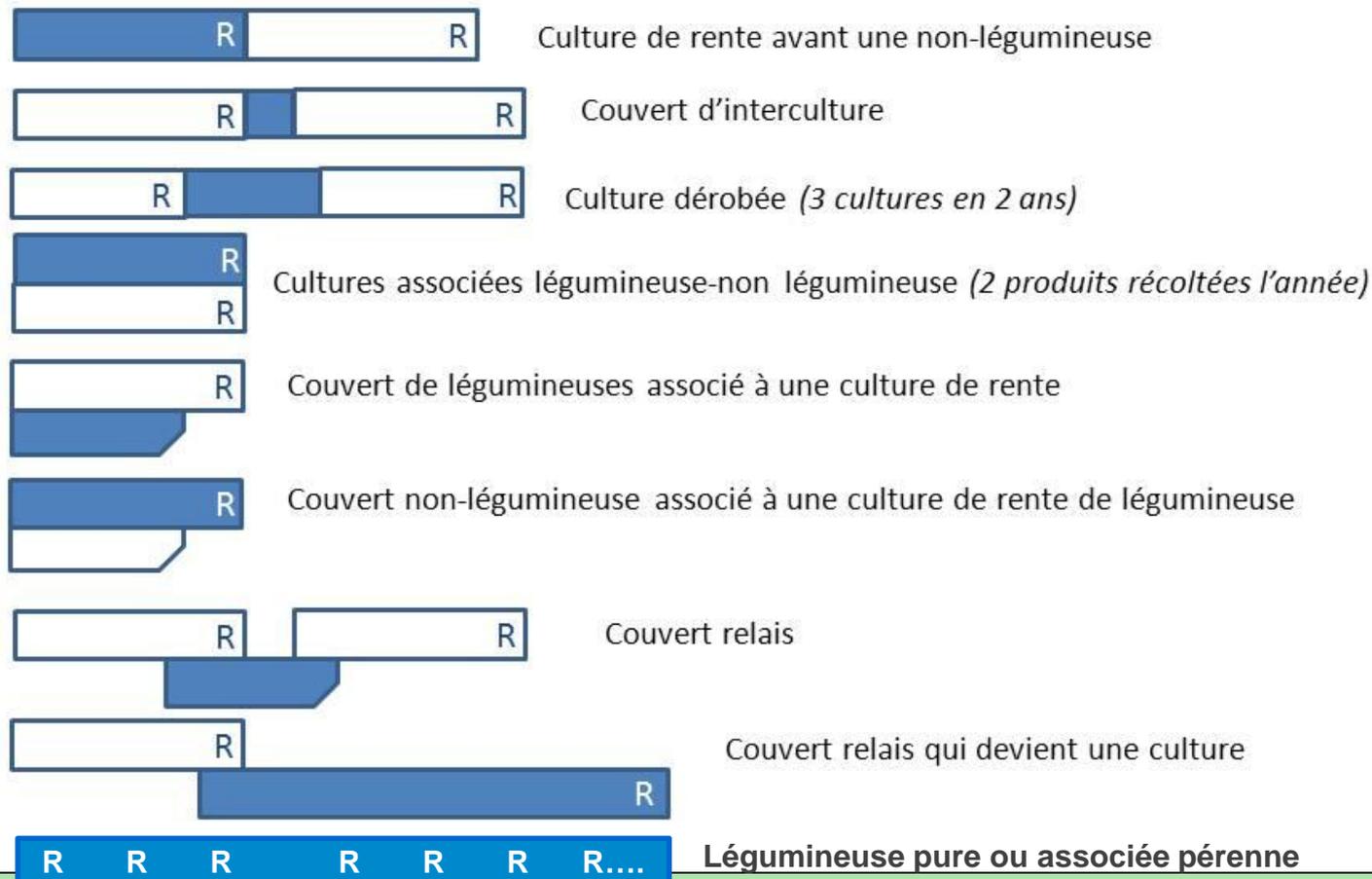
Légende

R Récolte

■ Légumineuse

□ Non légumineuse

▱ Destruction d'un couvert



Quelques rotations types

En régions de grandes cultures

- rotations de 4 ans de type colza / blé / orge / pois (fermes granivores ou grandes cultures)
- rotations de 7-8 ans de type luzerne 3 ans / céréales-CIPAN 2 ans / mélange céréale-protéagineux / céréale (fermes de polyculture-élevage en Calvados)

En région de polyculture-élevage

- rotations de 7-8 ans avec des prairies temporaires (4-6 ans) de graminées-trèfle blanc / maïs / blé (exploitation d'élevage herbivore, laitier)
- rotations prairies mixtes fauche 2-4 ans / 3-4 ans cultures (maïs, céréales, colza)

Une enquête récente dans le GO

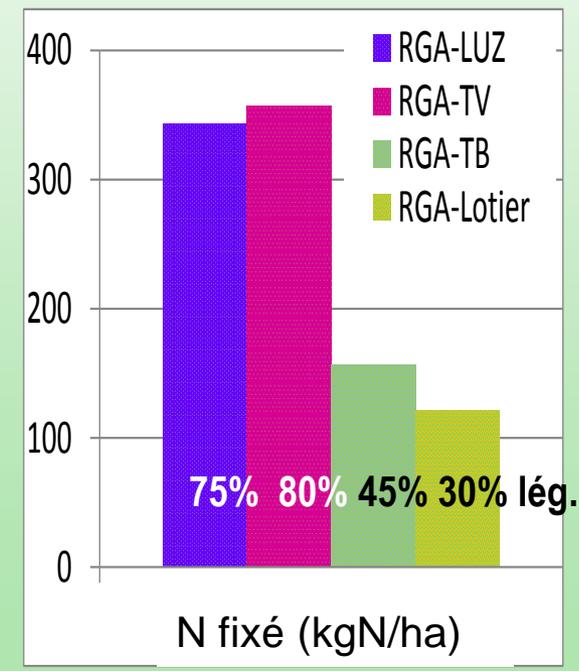
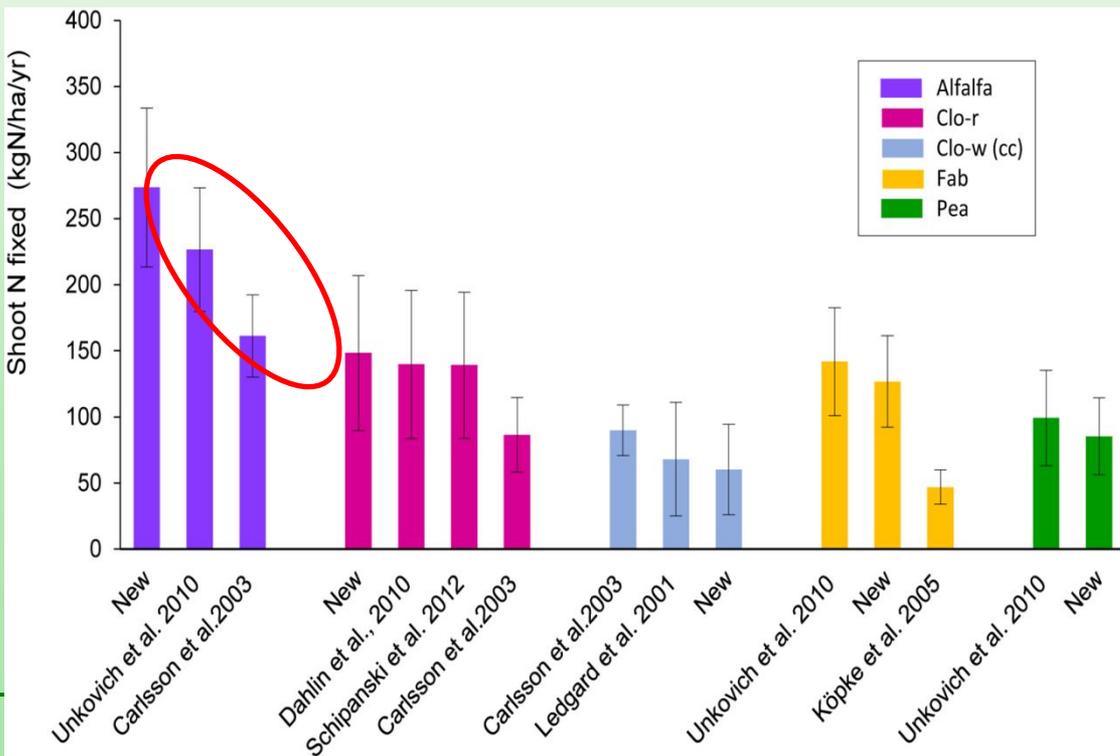
- Avant Pi (graines) : 80 % céréales (maïs inclu)
- Après Pi : >60% céréales, mélanges CP, prairies
- *Avantages : réduction des intrants, amélioration de la qualité du sol, diminution des bioagresseurs*
- *Inconvénients : adventices*

Fixation symbiotique : de qq dizaines à 130 kg N/ha pour les légumineuses à graines, de qq dizaines à > 300 kg/ha pour les fourragères pérennes

Bascule entre fixation et assimilation : apporte ou utilise N

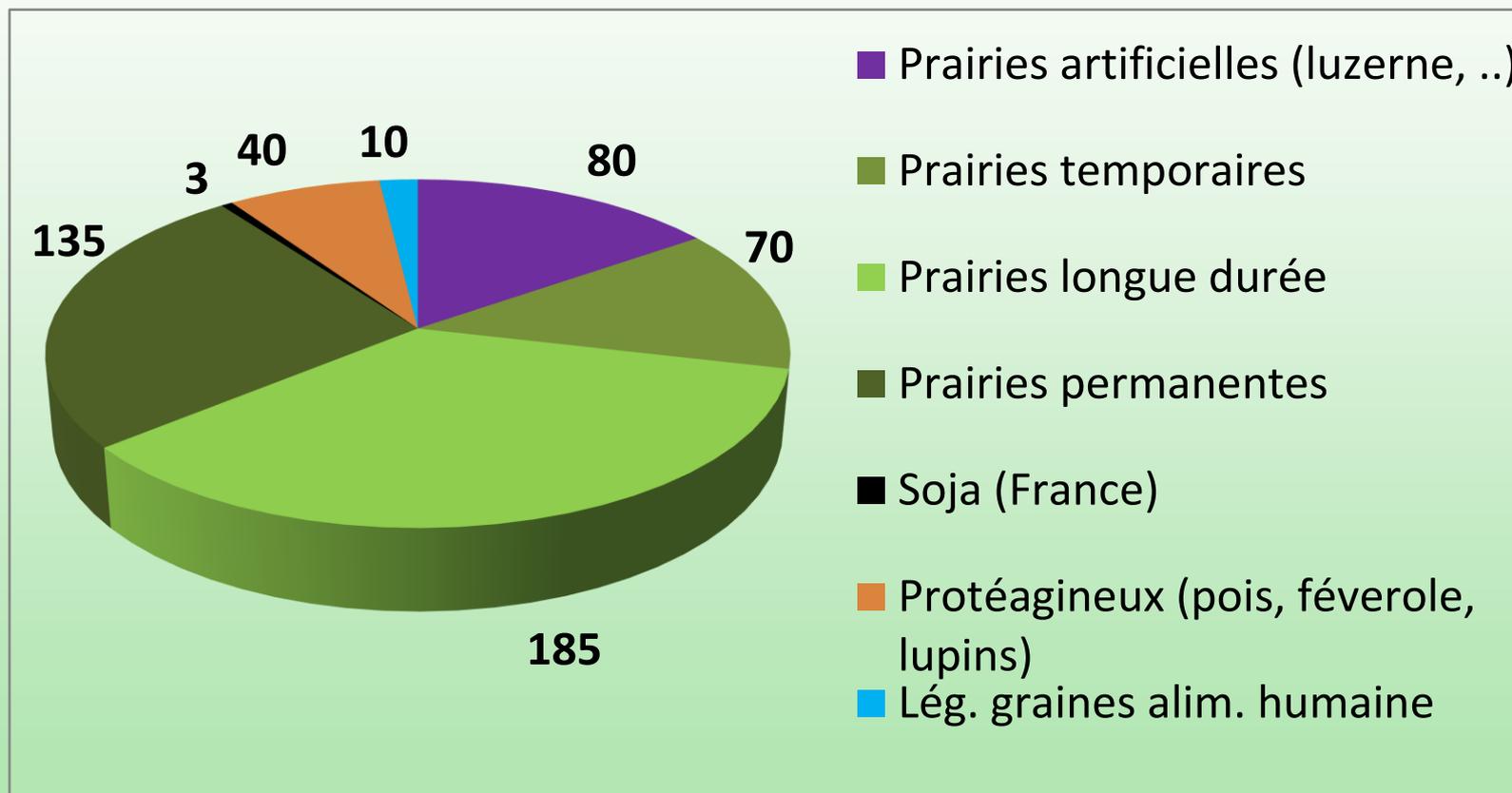
Incertitudes *i)* sur calculs (synthèse Anglade et al., 2015 appliquée à luzerne, trèfle violet, trèfle blanc, féverole et pois *et ii)* sur coeff. passage N fixé aérien à N fixé total (racines, rhizodéposition, Fustec et al., 2010)

Mesures expé. sur luzerne, TV, TB et lotier, associés au ray-grass anglais (Rasmussen et al., 2012 , Danemark, intensif irrigation)



520 000 t azote fixé par an en France (Duc et al., 2010)

Part estimée des différents couverts avec légumineuses (en culture pure ou associée) dans la fixation symbiotique par la SAU française (d'après Schneider et Huyghe, 2015, valeurs en milliers de tonnes).

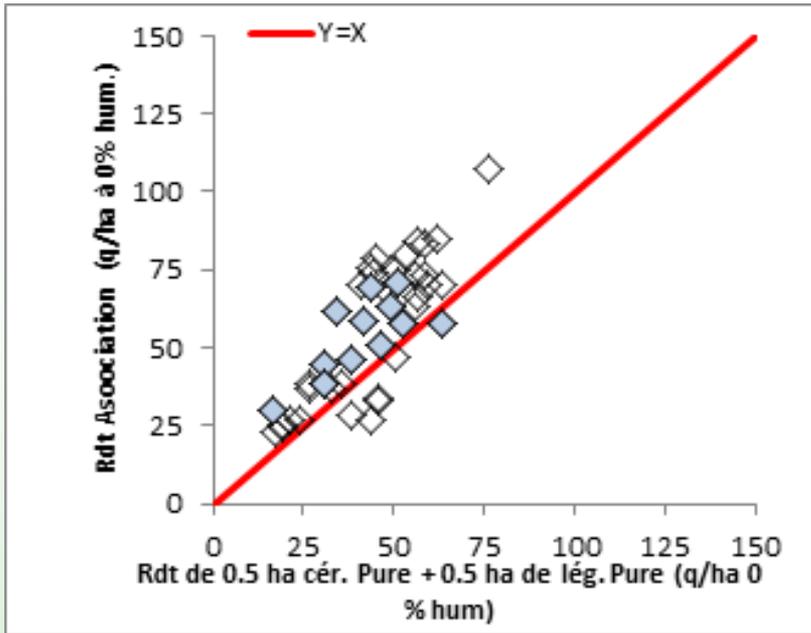


Que devient l'azote fixé ?

- **Biomasse et protéines de la légumineuse**
- **Alimentation en N des éventuelles plantes associées**
 - transferts directs *via* la rhizosphère, de quasi nuls (méteils) à qq dizaines kg fournis aux graminées (LOUARN *et al.*, 2015).
 - via la minéralisation des résidus et racines et rhizodépôts riches en N (FUSTEC *et al.*, 2010) ou via le recyclage par les déjections animales et la faune du sol (*processus importants en prairies, en particulier pâturées*).

Connaissances encore trop limitées pour une quantification opérationnelle au champ.

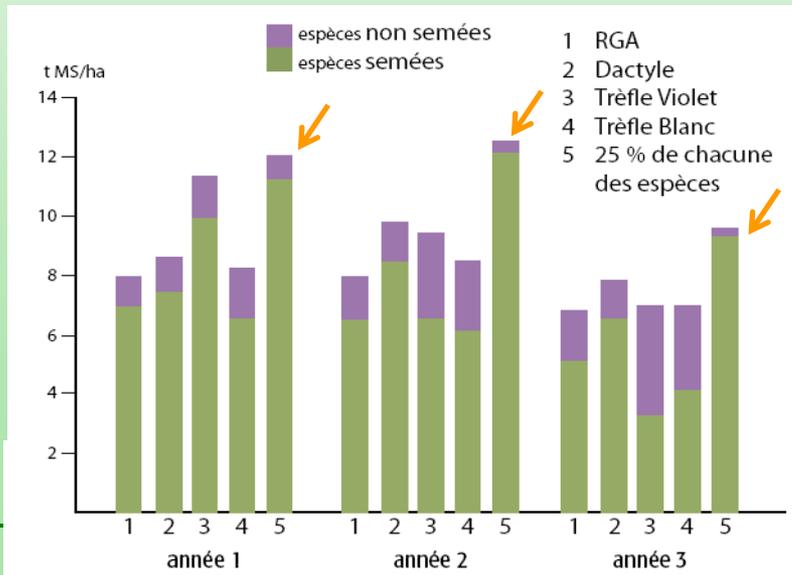
- **3 mécanismes de régulation** des flux N par l'N minéral du sol : le **taux de fixation** (court terme), le **taux de légumineuse** (court et moyen terme) et **l'absorption N des graminées associées**
 - « oscillations » du %TB fct N sol (cycles de 3-5 ans, SCHWINNING & PARSONS, 1996)
 - Maîtrise du taux de légumineuses pour améliorer la pérennité des prairies ?



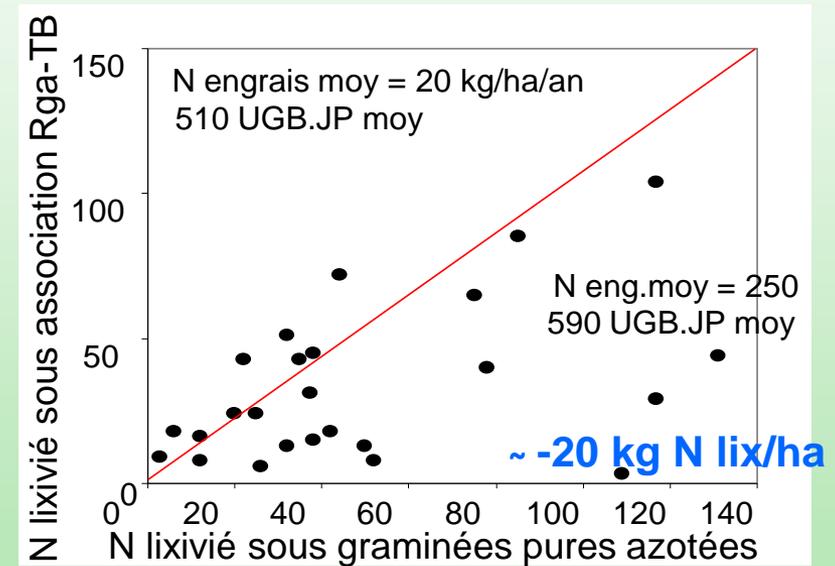
d'après Cohan et al., 2013

En cultures associées :
Des rendements égaux
ou supérieurs, des
pertes moindres

Mélange RGA-Dactyle-TB-TV

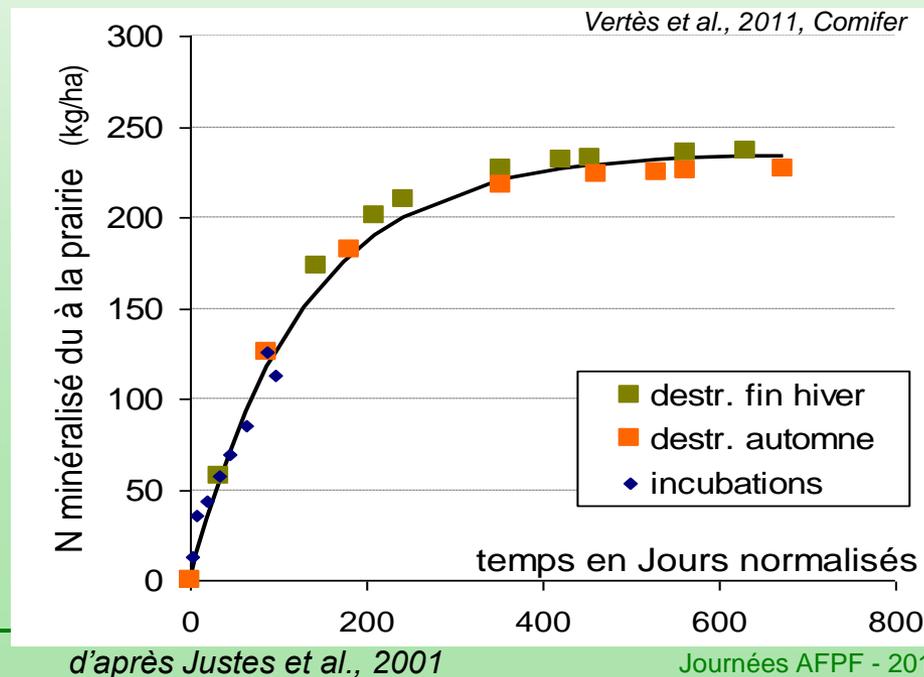
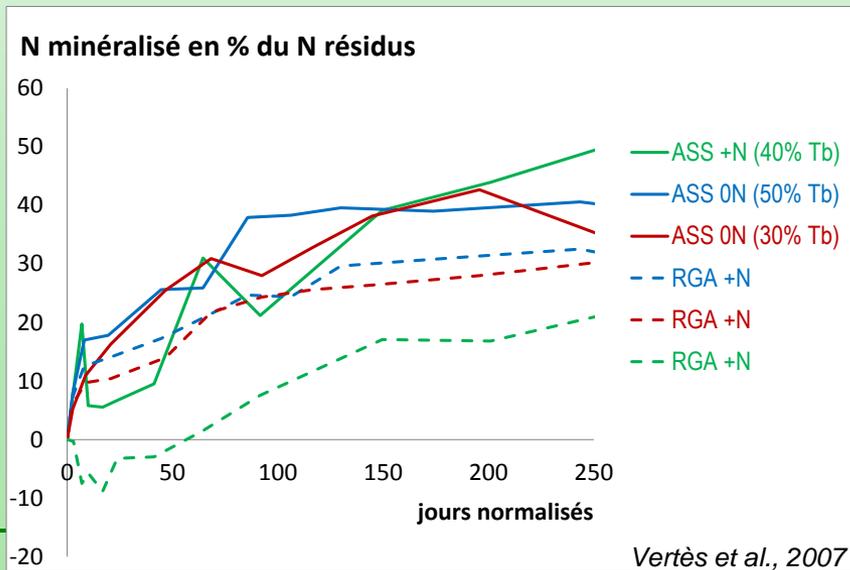


d'après Lüscher et al., 2008



Apports et minéralisation de résidus

Organes	Matière sèche (t/ha)	Teneur en N (% MS)	Ratio C/N	Apports N (kg/ha)	Apports C (kg/ha)
Pois	4.1	1,22	24	50	1200
Luzerne enfouie sans repousse	9,6	1,68	26,9	150	4000
Luzerne enfouie avec repousse	11,1	2,09	21,7	230	5000
Ray-grass non fertilisé : total	10.4	1,3	29,2	100 - 150	3000 - 4000
Ray-grass fertilisé : total	10.7	1,9	20,5	150 - 250	3500 - 6000
Ass.RGA-trèfle blanc : total	6,7	2,1	18,0	100 - 150	2000 - 3000

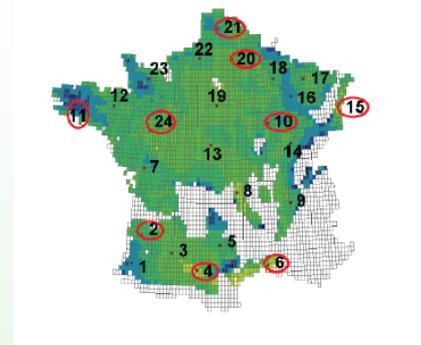


Les légumineuses en cultures intermédiaires

(Justes et al., 2013, ESCo Cultures intermédiaires)

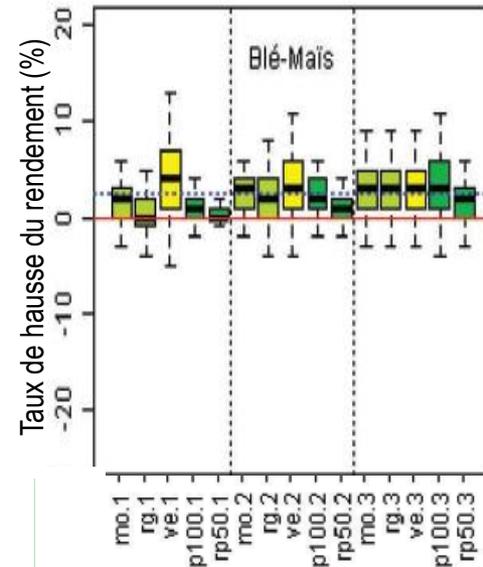
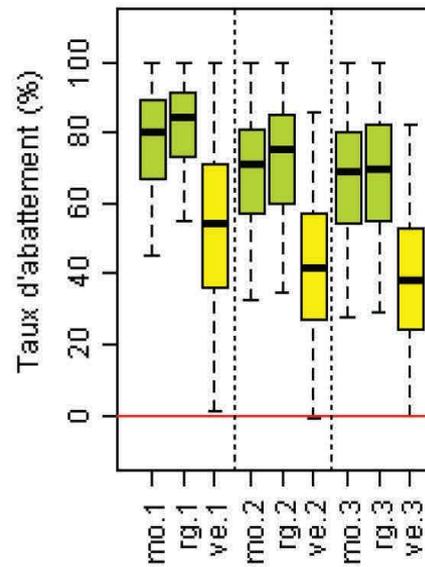
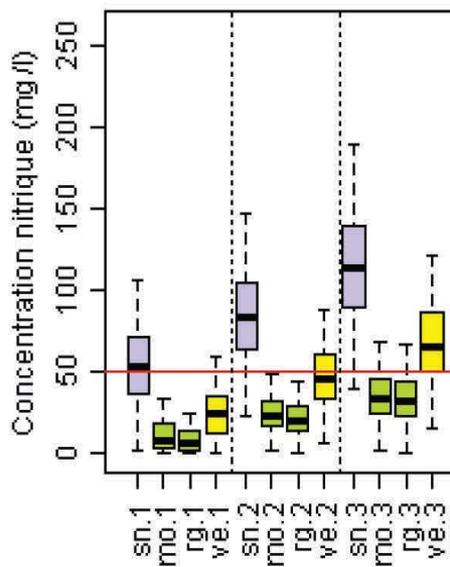
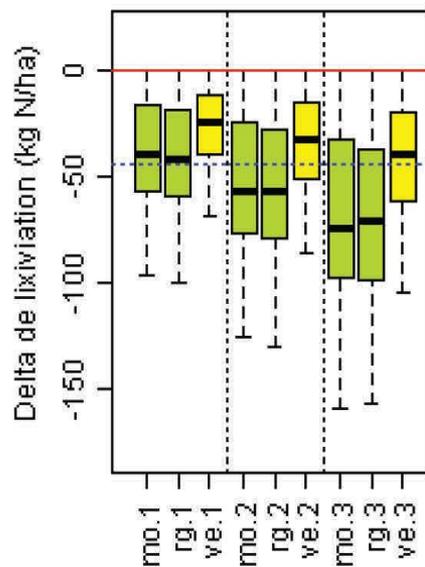
Réduction de la lixiviation de nitrate (Simulations sur 9 sites levés 25/7 et 10/8, destruction 10/11 et 10/2)

- CI légumineuses utiles pour réduire les fuites de nitrate même si leur efficacité est environ moitié moindre que celle des crucifères et graminées
- CI légumineuses → augmentation de rendement modérée (+1 à +8%) mais toujours positive



Exemple de la succession Blé – Maïs

Sol nu Moutarde ou Ray-grass Vesce



N min sol 20 60 100 kg/ha

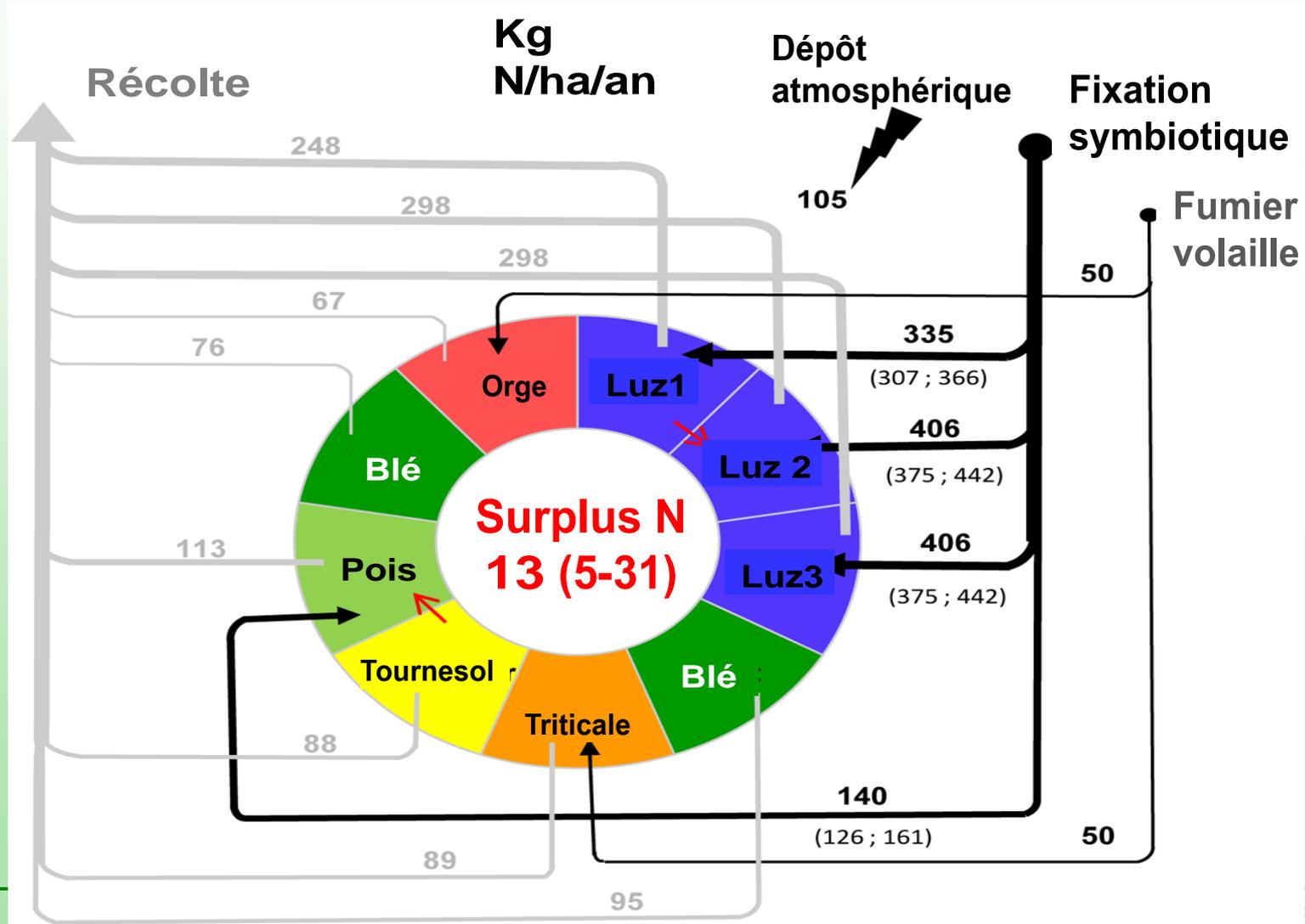
20 60 100

20 60 100

20 60 100

Exemple de bilans rotations (d'après Anglade, 2015, Agr. Biol.)

Bilan N = + 300N (luzerne, cumul 3 ans) - 95N (blé 0N) - 40N (triticale 50N) - 90N (Tournesol 0N) + 27N (Pois) - 76N (blé 0N) - 17N (orge 50N) → + 9 N



Conclusions

- Production d'une biomasse élevée riche en protéines sans intrants azotés, avec une qualité plus stable dans le temps en association que les graminées pures.
- La quantité N et la composition des résidus de légumineuses varient selon les espèces et le mode d'utilisation des parcelles (+/- restitutions) → affecte la dynamique de décomposition et donc la fourniture d'azote minéral pour la/les cultures suivantes.
- Régulation des flux N : En prélevant l'N minéral du sol quand celui-ci est abondant, les légumineuses peuvent contribuer à la limitation des fuites de nitrates sur l'ensemble de la rotation
- *! vigilance à leur destruction, pour limiter les risques de lixiviation de nitrate dans les eaux.*
- Des rôles nombreux : l'intégration des effets directs et indirects des légumineuses à l'échelle des rotations, de l'exploitation (ou du territoire) → clés de développement de leur potentiel d'utilisation pour des SdeP productifs et durables mobilisant plus l'agroécologie