ÉTUDE SUR LES CAUSES POSSIBLES DU RALENTISSEMENT DU PROGRÈS AGRONOMIQUE EN COLZA D'HIVER ET EN TOURNESOL

par Frédéric **Salvi**[1] et André **Pouzet**[2]

RÉSUMÉ

Comme d'autres espèces de grande culture en France, les oléagineux sont confrontés depuis deux décennies à un tassement des rendements moyens obtenus en parcelles agricoles.

Pour le tournesol, on observe dans les essais de pré-inscription une progression de 0,47 $q.ha^{-1}an^{-1}$ pour les variétés inscrites, qui ne se retrouve pas dans la moyenne du rendement national. Un des éléments essentiels est l'évolution de l'aire de culture, puisque, depuis 1992, la surface en tournesol a diminué de 40 % et s'est concentrée sur des sols à potentiel plus faible. Tant pour le colza que pour le tournesol, l'évolution des pratiques culturales au cours des 20 dernières années se traduit par une baisse des intrants dont il est difficile de caractériser l'impact sur l'évolution des rendements moyens. L'analyse de paramètres climatiques permet de confirmer l'importance du rapport photo thermique (rayonnement / température) pour le colza, tant en période de floraison qu'en période de remplissage des graines. Ce rapport ne présente pas d'évolution remarquable depuis 1989. Pour le tournesol, l'augmentation du déficit hydrique au cours du temps semble contribuer de façon significative à la stagnation des rendements. Enfin, la comparaison de l'évolution des rendements entre la France et l'Allemagne pour le colza, ainsi que la caractérisation des interactions entre variétés et sites expérimentaux, nous permet de conclure à la nécessité d'études à différentes échelles, de la plante (modèles d'écophysiologie) à la région agricole, pour mieux comprendre les causes du ralentissement du progrès agronomique.

INTRODUCTION

Comme d'autres espèces de grandes cultures en France (INRA, 2009 ; Gate, 2009), les oléagineux sont confrontés depuis deux décennies à un tassement des rendements moyens obtenus en parcelles agricoles. Les statistiques publiées par le Ministère chargé de l'Agriculture pour le colza d'hiver et le tournesol semblent afficher un plateau depuis 1990, contrairement à l'augmentation régulière constatée depuis l'après-guerre. Après avoir rappelé quelques caractéristiques du contexte de production du tournesol (les données pour le colza d'hiver sont présentées dans la communication d'A. Gallais), nous essaierons de structurer les différents effets pouvant concourir à expliquer cette stagnation pour les deux principales cultures oléagineuses françaises, en discutant l'appropriation du progrès génétique par les agriculteurs et l'effet possible de différentes causes (climat, pratiques agronomiques) de la situation récente.

PRÉSENTATION DU CONTEXTE POUR LE TOURNESOL

Le tournesol, outre la grande variabilité interannuelle, affiche une stagnation des rendements depuis le milieu des années 80 (Figure 1). L'étude des périodes 1955-89 et 1990-2008 (Figure 2) montre qu'en moyenne le progrès agronomique passe de 0,3 à 0,17 q/ha/an pour une pente moyenne de 0,2 q/ha/an sur l'ensemble de la période étudiée. Les données observées dans les essais de pré-inscription (Luciani 2004) ne montrent pas d'érosion du progrès génétique pour le tournesol, puisqu'il est estimé à 0,47 $q.ha^{-1}an^{-1}$ pour les

[1] CETIOM.
[2] Correspondant de l'Académie d'Agriculture de France, directeur du CETIOM, 12, avenue Georges V, 75008 Paris.

Copyright – Académie d'Agriculture de France – 2010. Séance du 5 mai.

variétés inscrites au catalogue entre 1988 et 2001 et que les témoins présents dans les réseaux officiels progressent en moyenne de 0,3 $q.ha^{-1}$. Les mêmes ordres de grandeur sont observés dans les réseaux de post inscription.

Ces performances ont été obtenues malgré la multiplication des objectifs de sélection notamment l'amélioration de la tolérance des hybrides aux maladies, rendue indispensable par l'apparition successive de différentes races de mildiou et d'un nouveau pathogène, le Phomopsis, à la fin des années 80. Le catalogue tournesol est passé de 80 à 100 % de variétés sensibles au début des années 90, à 100% de variétés à bon comportement. Par ailleurs, des essais agronomiques de comparaison des différentes générations de génétiques de tournesol ont été menés en 2000, 2001 (Vear *et al.*, 2003) et 2008. Ces résultats démontrent de façon très claire les progrès accomplis sur le rendement potentiel des variétés (Figure 4) mais aussi sur d'autres critères agronomiques comme la tolérance à la verse et aux maladies.

Un élément essentiel pour le tournesol concerne l'évolution des surfaces selon les différentes régions : suite à la réforme de la Politique Agricole Commune en 1992, les surfaces en tournesol ont progressivement diminué dans le nord de la France, pour se concentrer dans le Centre Ouest et le Sud-Ouest, comme le montre le tableau suivant :

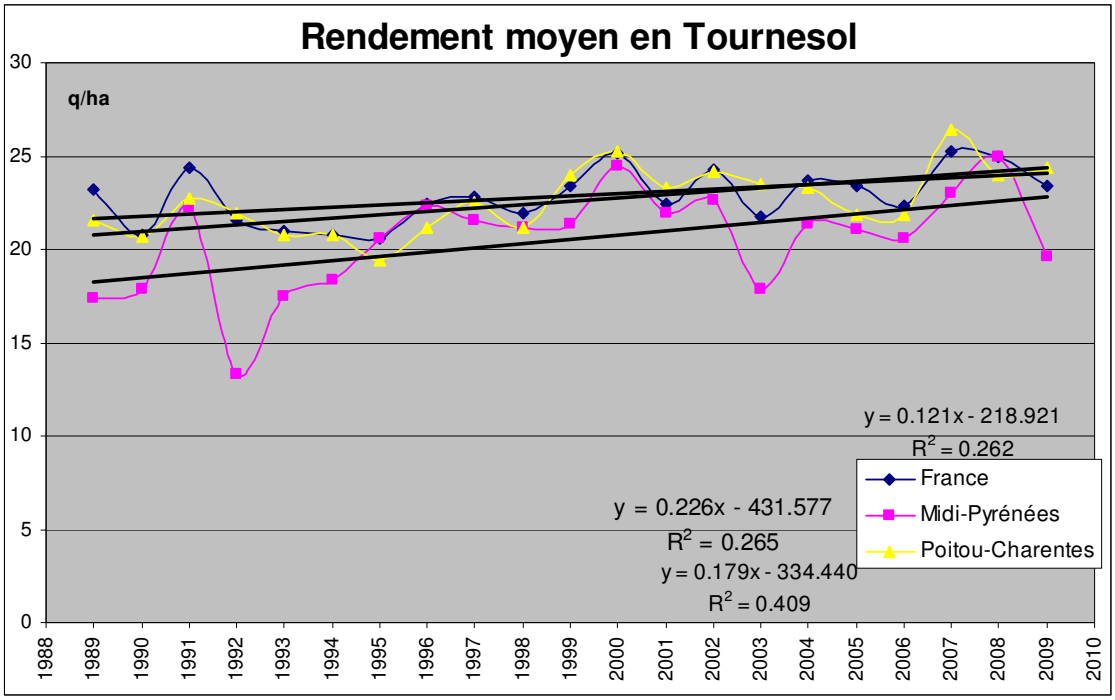
	Surface moyenne 1989-1991	Surface moyenne 2005-2007	Rendement moyen 1989-1991	Rendement moyen 2005-2007
Champagne-Ardenne	36.633	11.599	30,3	30,0
Bourgogne	59.394	31.367	25,1	27,0
Centre	215.425	74.090	24,3	25,0
Poitou-Char.	227.733	155.080	22,0	23,3
Midi-Pyrén.	181.778	172.113	19,0	21,7
France	1.025.916	603.200	22,7	23,3

La prise en compte des variations de surfaces et de rendement montre qu'avec la répartition des surfaces de la période 2005-2007, le rendement moyen national de la période 1989-1991 aurait été plus faible d'un quintal par hectare. De même, avec la répartition des surfaces de la période 1989-1991, le rendement moyen national aurait été plus élevé de 0,7 quintal par hectare. Le graphique suivant montre de la même façon que le progrès génétique entre 1989 et 2009 a été près de deux fois supérieur en Midi-Pyrénées à celui qui est observé pour l'ensemble de la France.

Le progrès agronomique s'appuie sur deux éléments : l'évolution du potentiel génétique des variétés mises sur le marché et l'amélioration des pratiques culturales mises en œuvre.

Ces deux aspects sont abordés pour chaque culture.

Copyright – Académie d'Agriculture de France – 2010. Séance du 5 mai.



PROGRÈS GÉNÉTIQUE ET SON APPROPRIATION PAR LES AGRICULTEURS

Pour le colza, malgré l'augmentation de l'auto-approvisionnement en semences, tout porte à croire que le transfert du progrès génétique s'effectue correctement vers les agriculteurs. D'une part, sur les chiffres des ventes de semences certifiées, les variétés récentes (inscrites depuis moins de 6 ans) occupent les douze premières places et représentent 54 % du marché (S&P, 2009). D'autre part, les enquêtes CETIOM sur les pratiques agricoles (Wagner, 2009) indiquent que les six variétés les plus semées en 2007 ont été inscrites depuis 2004, et représentent 54 % des surfaces.

En tournesol, espèce hybride, l'auto-approvisionnement en semences n'existe pas. Ainsi, la prise en compte du progrès génétique dans les assolements semble assurée d'autant plus que les dernières années se sont caractérisées par un fort renouvellement des gammes variétales dû en partie aux reconversions pour le mildiou et au basculement des surfaces vers le tournesol oléique (50 à 60 % du marché depuis 4 ans). Dans les enquêtes CETIOM 2009 (Wagner, 2010), parmi les douze premières variétés, neuf hybrides sont inscrits au catalogue depuis moins de trois ans. Notons toutefois que pour le tournesol, le nombre de variétés effectivement cultivées est sensiblement plus important que pour le colza, et que les 9 hybrides en question ne représentent que 34,8 % des surfaces cultivées.

ÉVOLUTION DES SURFACES ET DES PRATIQUES AGRICOLES

Évolution des surfaces et des régions et lien avec la fréquence de retour dans les rotations

Les surfaces de colza d'hiver en France sont en progression constante sur le long terme, avec des fluctuations périodiques liées aux opportunités politiques et économiques plus ou moins favorables (primes PAC, jachère industrielle, biocarburants). On estime que ces variations (et allers-retours dans certaines régions) n'ont pas ou peu d'impact sur la moyenne nationale, contrairement à ce que nous avons vu pour le tournesol.

De fait, depuis vingt ans, les principales régions productrices se situent sur une diagonale Centre-Ouest-Nord-Est comprenant le Poitou-Charentes, le Centre, la Lorraine, la Bourgogne et la Champagne-Ardenne. Cette relative concentration conjuguée à cette augmentation des surfaces a entraîné un raccourcissement des rotations qui a culminé à la fin des années 90. À l'échelle nationale, au début des années 2000 (Wagner, 2004), 60% des surfaces en colza sont dans une rotation triennale et environ 15% en rotation biennale.

Copyright – Académie d'Agriculture de France – 2010. Séance du 5 mai.

Tous les auteurs s'accordent pour dire que le raccourcissement des rotations entraîne une augmentation de la pression des bio-agresseurs (adventices, insectes, maladies) et donc une limitation des rendements. D'après différents travaux de recherche (Christen, 1998), il est possible d'estimer la perte de rendement entre une rotation à trois ans et un retour tous les deux ans du colza à 1,3 q/ha.

Les surfaces de tournesol se développent de façon significative au début des années 80 et sont supérieures à 800 000 ha de 1986 à 1997. Après cette période, le tournesol régresse et se concentre sur deux grandes régions : le Centre-Ouest et le grand Sud-Ouest. La concentration du tournesol sur deux régions de production a aussi pour conséquence un retour plus fréquent du tournesol dans les parcelles : dans le Sud-Ouest, 56 % des surfaces sont en rotation sur deux ans en 2006 (Wagner, 2007) et 42 % en 2009 (Wagner, 2010). De la même façon qu'en colza, ceci a des conséquences fortes sur la pression en bio-ravageurs et sur les pratiques culturales. Elles sont étudiées dans la partie suivante.

Évolution des conduites

Depuis le début des années 90 et la réforme de la PAC, il est évident tant en tournesol qu'en colza que les conduites de culture, comme les rotations précédemment, se sont simplifiées. En colza d'hiver par exemple, la pratique du labour a régressé pour passer de près de 80% des surfaces labourées au milieu des années 90 à 55% environ des surfaces aujourd'hui (Figure 4, surfaces en non-labour). Il est délicat de généraliser et d'extrapoler des résultats expérimentaux sur l'impact possible au niveau national, cependant il faut noter :

1. Ces pratiques de non-labour correspondent essentiellement à du travail simplifié occasionnel. Le labour est encore pratiqué mais pas sur toutes les cultures de la rotation. Dans ces conditions, la structure et le fonctionnement du sol n'évoluent pas significativement et peuvent être source de limitation de l'enracinement pour le colza, plante à racine pivotante.
2. Les pratiques de non-labour concernent plus souvent du travail du sol superficiel (inférieur à 15 cm) pour lequel toutes les références laissent penser que cela défavorise la productivité.
3. Outre les essais expérimentaux qui ont démontré que le non-labour non maîtrisé pénalise le rendement, les résultats de rendements relevés dans des réseaux de diagnostic agronomique ou dans nos enquêtes montrent en moyenne une différence de 2 q/ha en faveur du labour.
4. De la même façon, l'expérience que l'on a aujourd'hui de ces techniques montre qu'elles favorisent les problèmes de levée, de limaces et d'adventices à moyen terme

Parmi les autres évolutions significatives, il faut noter que depuis la mise en place des enquêtes par le CETIOM, l'ensemble des intrants présente une évolution à la baisse. De la même façon que pour le labour, de plus en plus de parcelles et de surfaces font l'objet d'impasse pour la fertilisation (par exemple, la fertilisation potassique est passée de 105 unités K2O en 1999 à moins de 80 en 2009).

À cause des nombreux paramètres et interactions entrant en ligne de compte, Il est difficile de quantifier les conséquences sur le progrès agronomique, mais il est hautement probable que cette diminution significative des intrants sur les 15 dernières années a un effet sur le rendement final.

Sur le tournesol, l'évolution des pratiques agricoles a été moins significative. La tendance générale est tout de même orientée à la baisse sur les charges et le temps de travail (tableau I) : pratique du labour en baisse, diminution des apports NPK et bore, pratique de l'irrigation quasi-inexistante sauf en production de semences, densités de semis, grands écartements et protection des semences…

Le changement le plus significatif mais probablement sans impact sur le rendement national est la diminution des applications fongicides qui étaient rendues indispensables par la sensibilité des variétés au Phomopsis. Ce point ayant été largement travaillé et amélioré par les sélectionneurs, puisque les variétés inscrites actuellement ont un comportement satisfaisant vis-à-vis de cette maladie, il n'y a plus lieu de traiter dans la plupart des situations.

Il ressort de ces analyses que les changements de contexte de production et la diminution des investissements sur cette culture sont probablement assez largement responsables du plafonnement des rendements nationaux.

Copyright – Académie d'Agriculture de France – 2010. Séance du 5 mai.

Impact de l'évolution climatique

L'étude d'un effet possible des récentes évolutions des conditions climatiques est réalisée à travers différentes approches :

- Étude des évolutions de paramètres climatiques et conséquences possibles
- En tournesol, par la réalisation de simulations sur de longues séquences climatiques.

L'étude des conditions climatiques a porté en colza sur les températures, les précipitations et le quotient photothermique pour deux phases critiques du cycle : la floraison (24 mars au 10 mai) et le remplissage des graines (1 mai au 30 juin). Les séries météorologiques (cumul ou moyenne) ont été calculées sur le poste de Saint-Florent / Cher – 18 de 1989 à 2009. Pour les deux périodes du cycle étudiées, les températures augmentent légèrement ($r^2 = 0.285$) alors que l'évapotranspiration potentielle (ETP) semble diminuer ($r^2 = 0.14$).

Si l'on met en regard ces variables et les rendements moyens obtenus sur le Cher pour la même période, il se dégage quelques tendances :

1. l'augmentation des températures semble avoir un impact (r = -0,29 proche de la signification sur le rendement),
2. la diminution des ETP n'a pas de conséquences,
3. le quotient phototermique, reste la principale variable explicative du rendement (r=0,59 pour la période de floraison et r= 0,589 pour la période de remplissage), conformément à la littérature (Leterme).

En tournesol, le principal facteur limitant en l'absence de maladies et d'irrigation est l'eau disponible. L'étude du déficit hydrique (précipitations – évapotranspiration potentielle) dans le Sud-Ouest sur les 20 dernières années montre une aggravation significative de celui-ci : - 130 mm en 20 ans (Jouffret P. et Vogrincic C., 2008). Cela pourrait constituer une piste pour expliquer la relative stagnation des rendements en production.

L'analyse des données issues des simulations réalisées avec le modèle Sunflo V1.0 (Casadebaig, 2008) offre un complément d'analyse intéressant. L'expérimentation virtuelle porte sur un panel de variétés récentes et paramétrées dans Sunflo, pour 30 années climatiques et deux régions : le Sud-Ouest (poste météo. de Blagnac) et le Poitou-Charentes (poste météo. du Magneraud) avec deux profondeurs de sol sur chaque région.

Les deux régions présentent des résultats différents (Figure 5) : en Poitou-Charentes, la tendance est légèrement à la hausse (+ 0,6 q/ha/10 ans) alors que le Sud-Ouest présente un profil à la baisse (- 1 q/ha/10 ans). Il est intéressant de constater ces réactions différenciées et de mettre la relative dégradation de la performance du tournesol dans le Sud-Ouest en relation avec l'augmentation du déficit hydrique abordée au paragraphe précédent.

De même, l'analyse du déficit hydrique en Poitou-Charentes ne montre pas de décrochement, confirmant ces résultats obtenus par simulation.

CONCLUSION

Les résultats de cette étude montrent que le ralentissement du progrès agronomique en colza et tournesol est multifactoriel. Globalement, il est le résultat de l'évolution du contexte économique qui a incité les agriculteurs à rechercher un optimum économique ne permettant pas la réalisation du potentiel agronomique des cultures. La qualité et la précision des analyses réalisées sont limitées par la difficulté qu'il y a à recenser des données précises sur les pratiques agricoles et les assolements avant les années 90.

En colza d'hiver, le raccourcissement des rotations, avec les problèmes de désherbage induits, et les changements de conduite sont les principaux responsables de la stagnation du progrès agronomique, puisque avec les données présentées ici, nous ne mettons pas clairement en évidence de rôle des évolutions du climat.

À titre de comparaison, il faut noter que le progrès agronomique ne montre pas de ralentissement en Allemagne (Figure 6). L'étude des systèmes de production allemands et la comparaison avec la France permettraient d'aider à la compréhension globale du phénomène.

La question de la variabilité des rendements d'un lieu à l'autre et l'interaction entre les variétés et l'environnement de culture est particulièrement importante pour le colza, comme le montre la Figure 7 pour deux variétés. En 2009, les interactions entre variétés et sites d'essai sont quasi inexistantes, alors qu'en

Copyright – Académie d'Agriculture de France – 2010. Séance du 5 mai.

2007, ces interactions sont particulièrement importantes. Cette variabilité du comportement variétal prend un relief important lorsqu'on rappelle que la variété « G » était cultivée sur près de la moitié des surfaces en France en 2007, année qui présente le rendement moyen national le plus faible des 20 dernières années.

Concernant le tournesol, il semble que l'évolution constatée soit surtout le fruit des changements de régions et de positionnement de la culture. En second lieu, viennent l'allègement des conduites (irrigation, fertilisation) et les problèmes de désherbage. Enfin, l'impact du climat et de son évolution récente semble effectif au moins pour le Sud-Ouest de la France, première région productrice.

Si l'on veut lever durablement ces freins à la production et à la compétitivité des cultures des travaux complémentaires seront nécessaires afin d'identifier précisément les causes et pour travailler à l'obtention de solutions technico-économiques acceptables. A côté d'expérimentations permettant de mieux connaître l'évolution du progrès génétique et de la réalisation de diagnostics agronomiques à l'échelle régionale, l'intégration des données disponibles dans des modèles issus des connaissances en écophysiologie est certainement une des voies à privilégier pour mieux rendre compte de la variabilité des rendements et améliorer le conseil aux agriculteurs.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

(1) CASADEBAIG P., 2008. – Analyse et modélisation des interactions génotype - environnement - conduite de culture : application au tournesol. Thèse de doctorat INP Toulouse, 195 p.

(2) CHRISTEN O., 1998. – Oilseed rape in rotations in northwest Germany : areas, yields and cropping systems. OCL, **5**(4), p. 273-275

(3) GATE P., 2009. Blé tendre – Les raisons du plafonnement des rendements

(4) Perspectives agricoles, **355**, p. 20-27.

(5) INRA, 2009. – Quelles explications à la stagnation des rendements des grandes cultures ? Les rencontres INRA 2009 (dans le cadre du SIA, 24 février 2009), 9 p

(6) http://www.inra.fr/audiovisuel/web_tv/rencontres/salon_international_de_l_agriculture_2009/stagnation_des_rendements_des_grandes_cultures [consultée en avril 2010]

(7) JOUFFRET P. et VOGRINCIC C., 2008. – Description des freins et enjeux de production de tournesol, colza et soja à l'horizon 2009-2012 dans le Sud-Ouest. Rapport interne CETIOM, 27 p.

(8) LUCIANI A., 2004. – Étude du progrès génétique chez différentes espèces de grande culture. Rapport de synthèse étude CTPS-GEVES, 34 p.

(9) Semences et Progrès, 2009. Oléagineux – Ventes par variété en 2007-08. Semences et Progrès, **143**, p. 117-127.

(10) VEAR F., BONY H. *et al.*, 2003. – 30 years of sunflower breeding in France. OCL, **10**(1), p. 66-73.

(11) WAGNER D., 2004. – Enquête 2003 sur les pratiques agricoles en colza. Oléoscope, **78**, p. 4-6

(12) WAGNER D., 2007. – Enquête sur les conduites de tournesol 2006. Dossier technique interne, 16 p.

(13) WAGNER D., 2009. – Synthèse des enquêtes « pratiques agricoles colza » 2008. Dossier technique interne, 17 p.

(14) WAGNER D., 2010. – Synthèse des enquêtes « conduites culturales en tournesol » 2009. Dossier technique interne, 20 p.

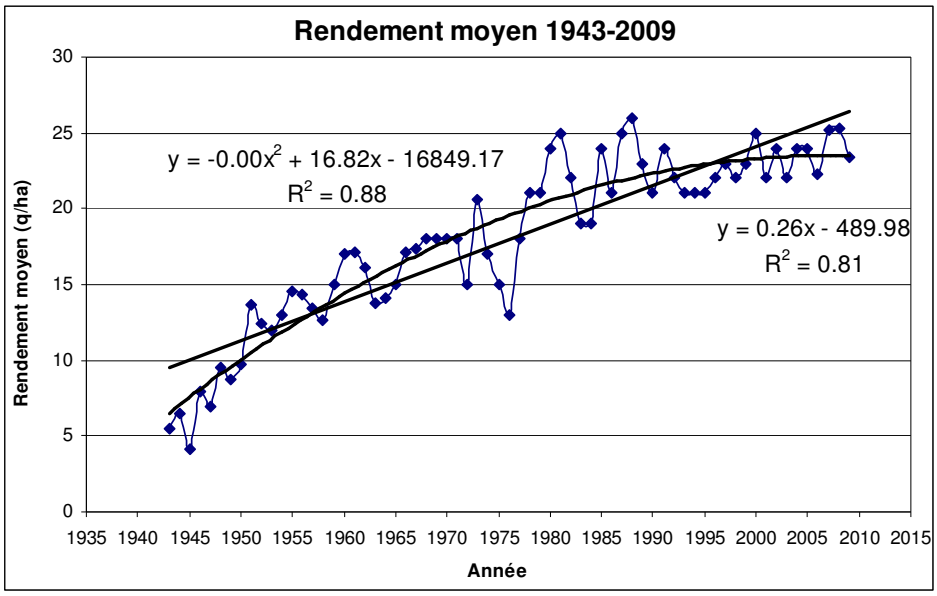


Figure 1 : Evolution des rendements moyens en tournesol de 1944 a 2009 et regressions linéaire et polynomiale (donnees SCEES)

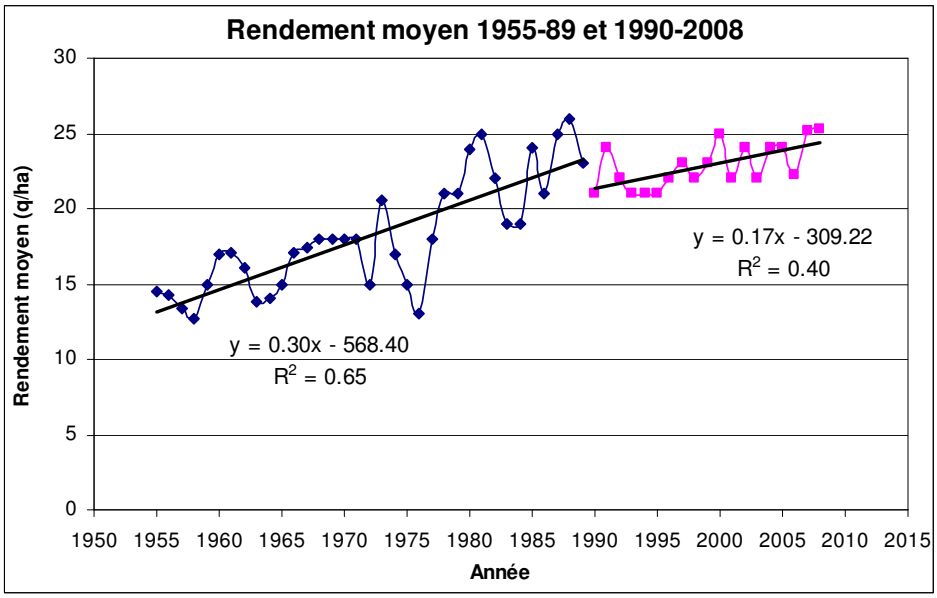


Figure 2 : évolution des rendements moyens en tournesol de 1955 à 2008 et régressions linéaires sur les périodes 1955-89 et 1990-2008 (Données SCEES)

Copyright – Académie d'Agriculture de France – 2010. Séance du 5 mai.

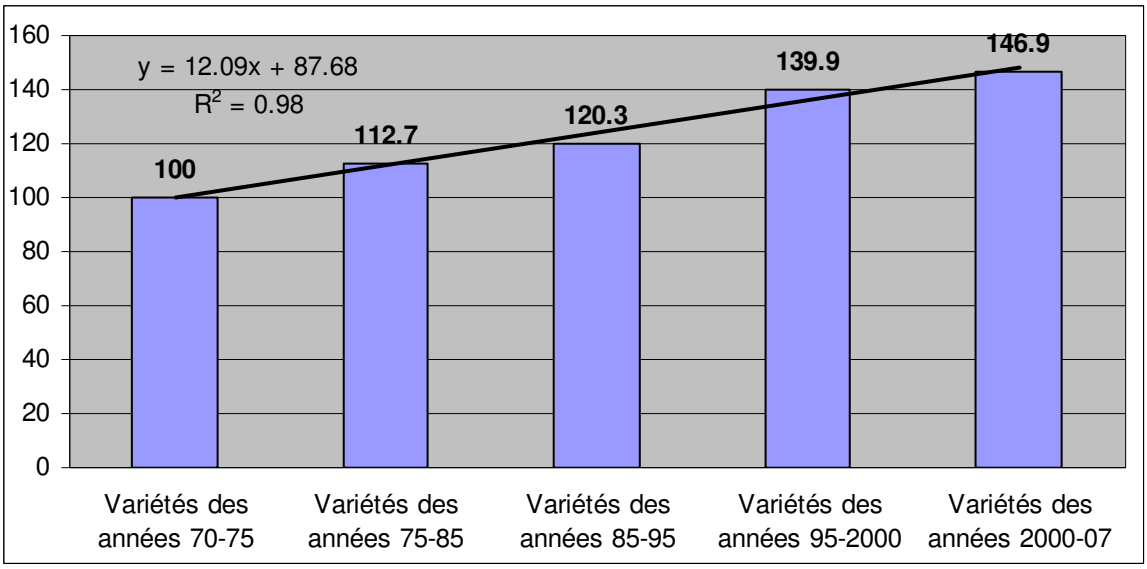


Figure 3 : Gain de productivité apporté par la génétique au fil des générations pour le tournesol (réseaux d'essais spécifiques)

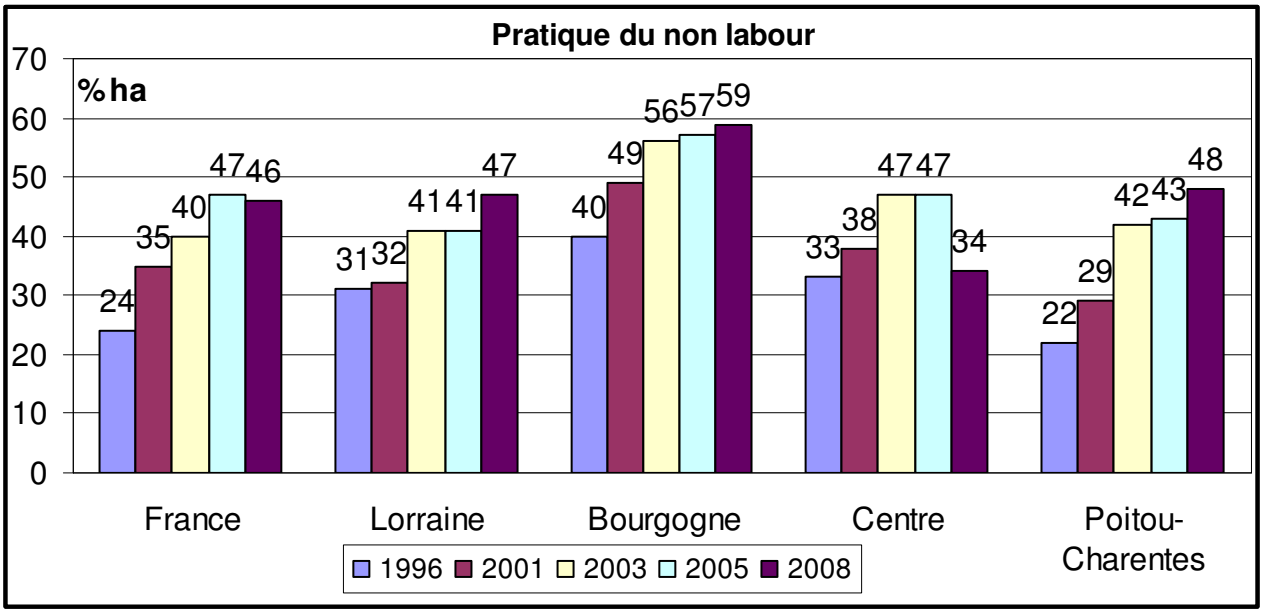


Figure 4 : évolution du non-labour en colza d'hiver (enquêtes CETIOM 1996 à 2008)

Enquêtes 'pratiques culturales tournesol'	1994(1)	1998(2)	2006(3)
Rotation supérieure à deux ans	-	52%	69%
Rotation sur deux ans	-	42%	31%
Pratique du labour	91%	87%	61%
Désherbage chimique	100%	99%	97%
Binage	27%	28%	34%
Densité de semis .< 65 000 graines.ha^{-1}	moyenne régionale : 65 500 graines.ha^{-1}	49%	52%
Date de semis .> 21 avril	40% (96)	46% (97)	36%
Ecartement inter-rang .> 65 cm	32% .> 70 cm	35%	40%
Application d'un fongicide	-	63%	17%
Protection insecticide (sol ou semences)	80%	83%	41%
Protection anti-limaces	73%	73%	78%
Fertilisation azotée	88%	91%	80%
Fertilisation phospho-potassique	86%	88%	61%
Apport de bore	-	44%	37%

Sources : (1) SCEES, 1994 ; (2) CETIOM, 1998 ; (3) WAGNER, 2007.
N.B.: en 1998, les pourcentages sont calculés sur le nombre de parcelles.
En 1994 et 2006, les pourcentages sont rapportés à des surfaces (pondération des questionnaires).

Tableau 1 : comparaison des résultats d'enquêtes « pratiques culturales » sur tournesol en 1994, 1998 et 2006

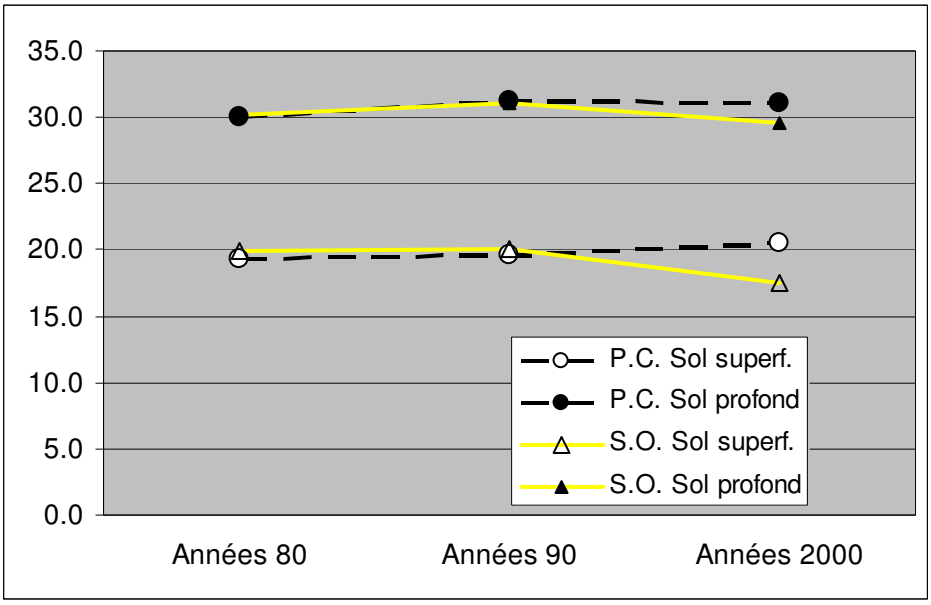


Figure 5 : rendements moyens simulés par décennie à situation constante (sols superficiel et profond dans le Sud-Ouest et en Poitou-Charentes)

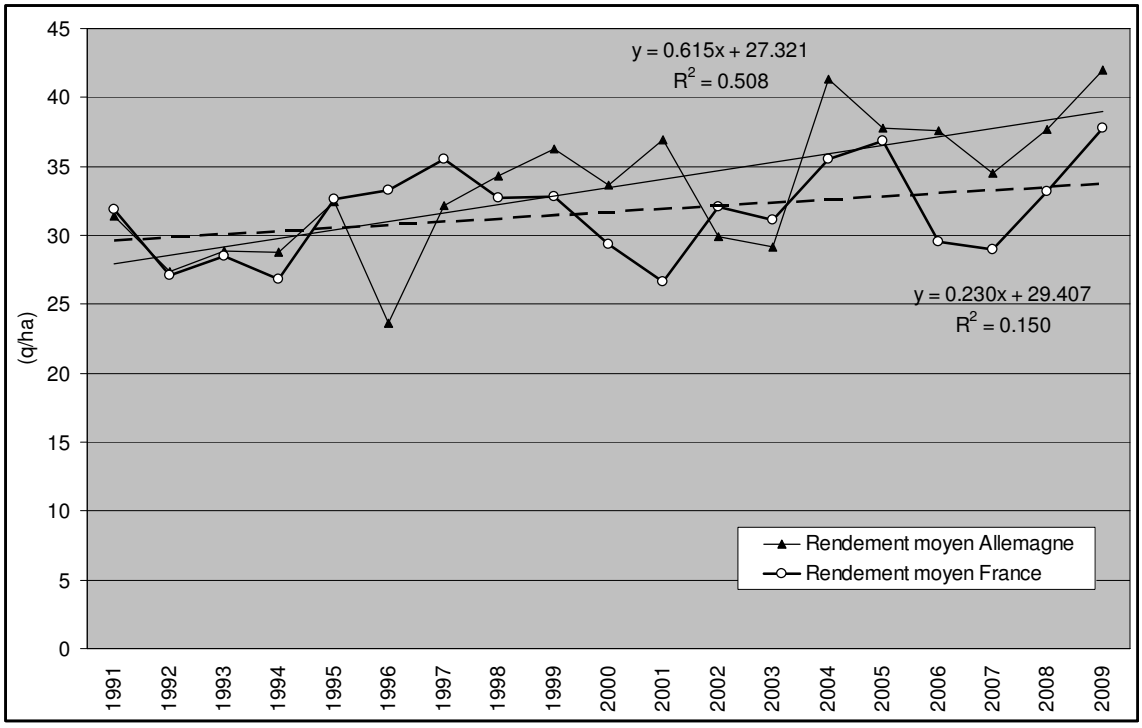


Figure 6 : évolution comparée des rendements en colza d'hiver Allemagne et France (1991-2009)

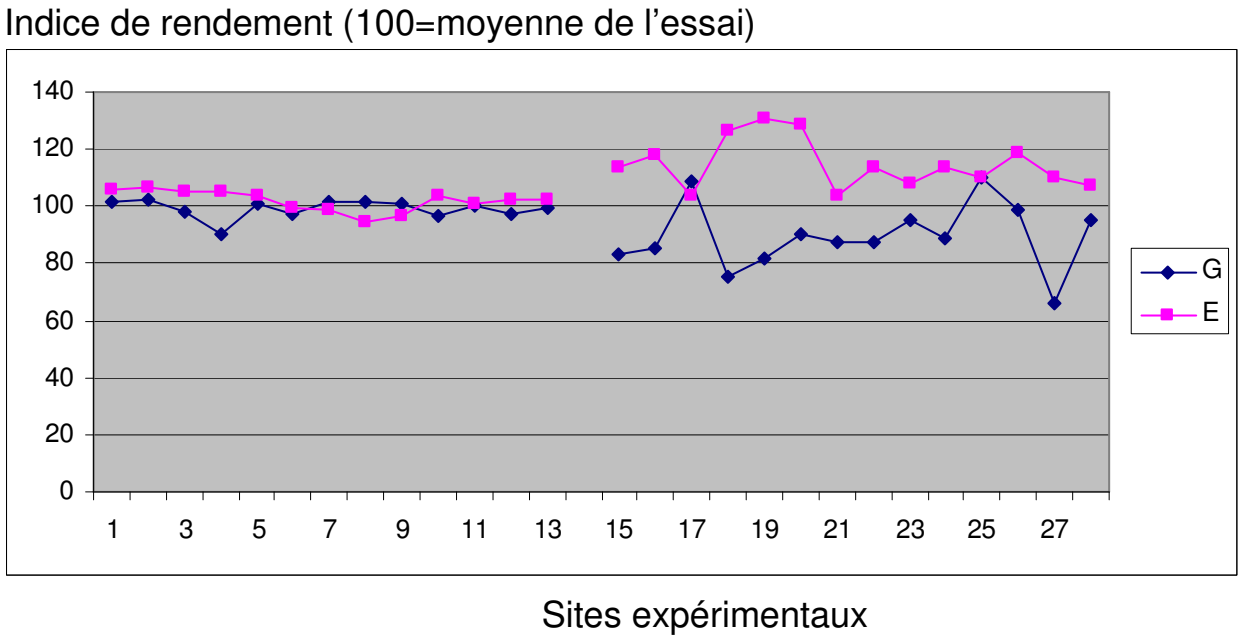


Figure 7 : Variabilité des interactions variétés * sites pour deux années (2009 : sites 1 à 13 et 2007 : sites 15 à 28) et deux variétés (« G » et « E »)