

Février-Septembre 2016

Julien SARRON¹, François BRUN², Pierre CASADEBAIG¹,
 Pascaline ROLLET¹, Emmanuelle MESTRIES³, Philippe DEBAEKE¹
¹INRA AGIR ²ACTA ³Terres Inovia

Une idée assez répandue parmi la profession est que le rendement du tournesol ne progresse plus, expliquant ainsi la désaffection des producteurs et la baisse des surfaces. Le changement climatique est mis en avant, mais également la désintensification des conduites culturales, le changement d'affectation des sols, et l'augmentation de la pression des prédateurs (oiseaux) et maladies. Dans le même temps, le progrès génétique n'est pas remis en question même si les sélectionneurs doivent faire face régulièrement à de nouvelles contraintes pouvant entraver la productivité.

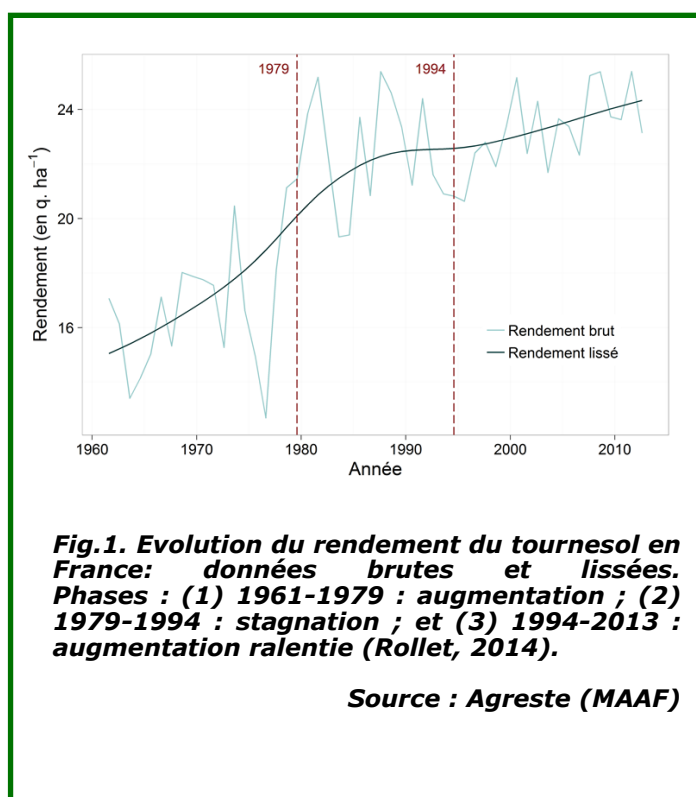
Peut-on objectiver ces évolutions ? Sont-elles réelles ou ressenties ? Quelles données et méthodes sont disponibles pour cela ?

Introduction

La progression des rendements du tournesol a ralenti depuis les années 80 avec une fluctuation inter-annuelle comprise entre 21 et 25 q.ha⁻¹ (**Fig.1**). Ce manque de productivité globale freine le développement de cette espèce notamment dans les régions où elle pourrait contribuer à la diversification des assolements et à la réduction de la pression phytosanitaire (faible IFT, culture de rupture).

Les hypothèses avancées pour expliquer cette faible progression sont multiples : progrès génétique insuffisant ou mal exploité, changement climatique, pratiques culturales non optimales, localisation de la production dans les sols à plus faible potentiel et les régions les plus sensibles aux aléas climatiques, retour trop fréquent du tournesol dans la succession culturale... Il est probable que plusieurs de ces causes concourent à la faible progression des rendements.

Le premier objectif de cette étude est d'initier une démarche pour étudier chacune de ces causes et de mesurer leur poids respectif à l'échelle régionale et nationale. Un autre objectif est d'évaluer l'écart entre le rendement réalisé et celui permis par le pédoclimat (notion de yield gap) afin de mesurer la marge de progrès pour le conseil (Terres Inovia).



Données et méthodes

Nous avons privilégié dans cette étude les effets du changement climatique et de l'évolution des conduites de culture sur les rendements aux échelles nationales et régionales. Les 9 régions françaises où le tournesol est régulièrement cultivé ont été considérées : Aquitaine, Auvergne, Bourgogne, Centre, Languedoc-Roussillon, Midi-Pyrénées, Pays de la Loire, Poitou-Charentes, Rhône-Alpes. Elles représentent 92 % des surfaces de tournesol au niveau national.

L'évolution des rendements « agriculteurs » (Y_a) est issue de la statistique annuelle Agreste à l'échelle régionale. Les données des essais de post-inscription de Terres Inovia fournissent des références de rendements atteignables dans des conditions de production bien maîtrisées et pour les variétés les plus récentes. Enfin, la simulation du rendement à l'aide du modèle de culture SUNFLO (Casadebaig *et al.*, 2016) permet d'estimer les productions atteignables pour chaque combinaison sol x climat x itinéraire technique x variété, en l'absence de tout facteur limitant d'origine biotique. On distingue le rendement Y_w , uniquement limité par l'eau et le rendement Y_e , limité également par la conduite de culture.

Pour connaître l'évolution des pratiques culturales, nous avons mobilisé les enquêtes postales Terres Inovia réalisées tous les 2-3 ans depuis 1997 (11 années disponibles) dans les principales régions de production du tournesol soit environ 1100 réponses chaque année. Ces enquêtes déclaratives permettent d'identifier pour chaque réponse exploitable l'itinéraire technique réalisé par un producteur sur sa plus grande parcelle assorti d'une évaluation du rendement réalisé.

Pour simuler les situations d'enquête, les données climatiques et pédologiques ont été appariées à partir du code postal. Les données météo proviennent de la base européenne Agri4Cast et sont issues de stations climatiques interpolées avec une maille de 25 km sur

Typologie et évolution des pratiques culturales

Hiérarchique (CAH) a été réalisée sur les résultats de l'AFDM. Il en est résulté 8 conduites-types communes à toutes les années et à toutes les régions (entre 9 et 16 % des agriculteurs chacune). Les principales variables qui contribuent à la classification sont : les doses de fertilisants minéraux N, P et K ; les applications de bore et de fongicides ; la précocité de la variété utilisée. La part de ces conduites et leur évolution temporelle est analysée pour chaque région (**Fig.3**).

Globalement, entre 1998 et 2013 on observe dans le « Nord » (Bourgogne, Centre, Auvergne, Rhône-Alpes, Pays de la Loire et Poitou-Charentes) (1) une augmentation de la conduite « Faible utilisation d'intrants de synthèse » ; (2) l'apparition et l'augmentation des conduites à semis précoces ; et (3) une diminution voire une disparition des conduites à semis tardif.

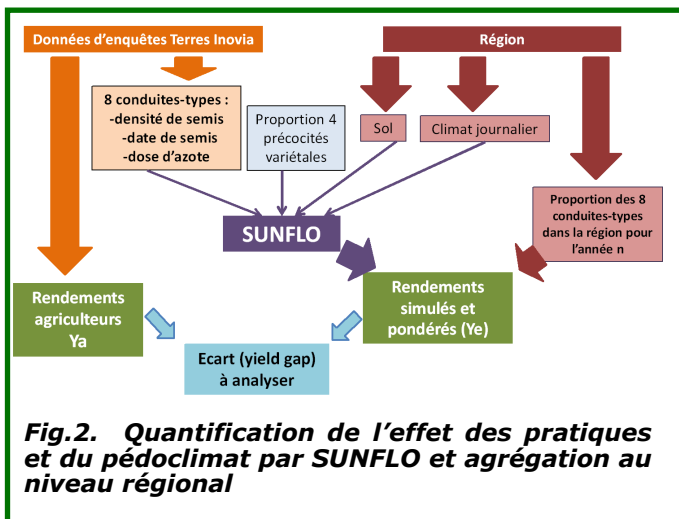


Fig.2. Quantification de l'effet des pratiques et du pédoclimat par SUNFLO et agrégation au niveau régional

l'Europe depuis 1975 (<http://agri4cast.jrc.ec.europa.eu>). Les données pédologiques proviennent de la Base de Données Géographique des Sols de France (BDGSF) au 1/10⁶ ème. Au total, 749 unités de simulation ont été traitées. Pour chaque région, le rendement simulé résulte de la pondération par la contribution de chaque conduite de culture (**Fig.2**).

Une typologie des pratiques culturales a été réalisée en combinant une Analyse Factorielle de Données Mixtes (AFDM) sur l'ensemble des 12085 données, années et régions confondues. A partir de l'enquête, nous avons sélectionné 14 variables actives et 11 variables illustratives. Puis une Classification Ascendante

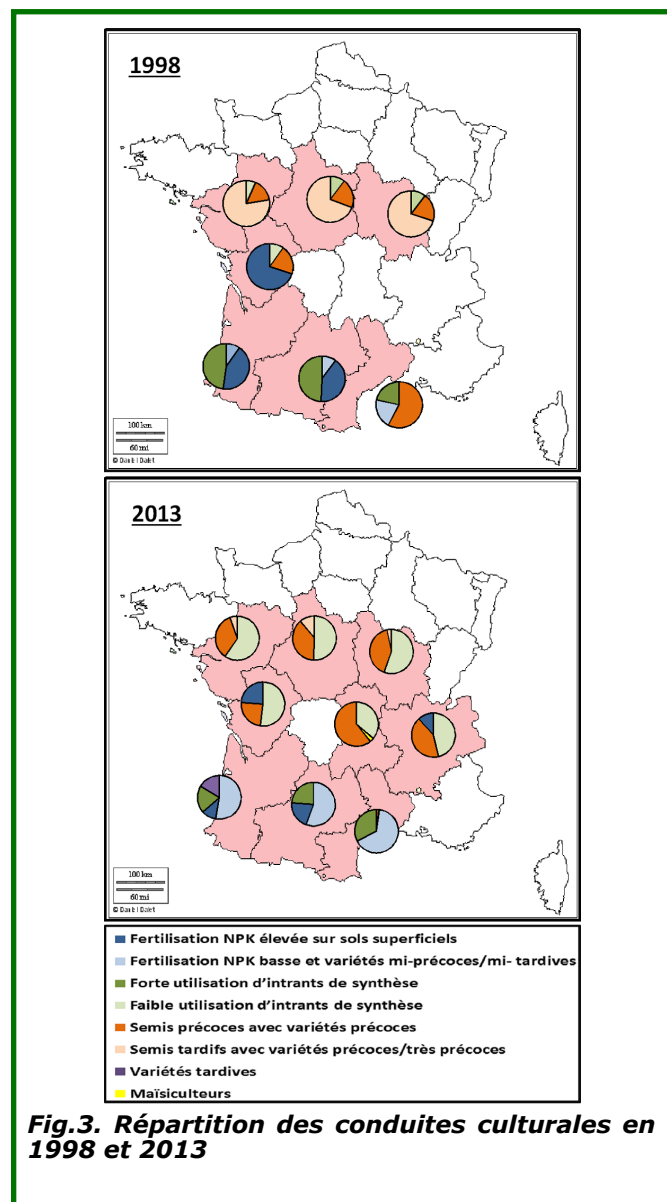


Fig.3. Répartition des conduites culturales en 1998 et 2013

Les régions du « Sud » (Aquitaine, Midi-Pyrénées et Languedoc-Roussillon) montrent (1) une présence plus importante de la conduite « Forte utilisation d'intrants de synthèse » ; (2) une apparition de la conduite « Bas intrants » et (3) une augmentation de la conduite « Semis en avril D2/D3, variétés mi-tardives/tardives ».

Pour éviter les biais liés à l'évolution des conduites et

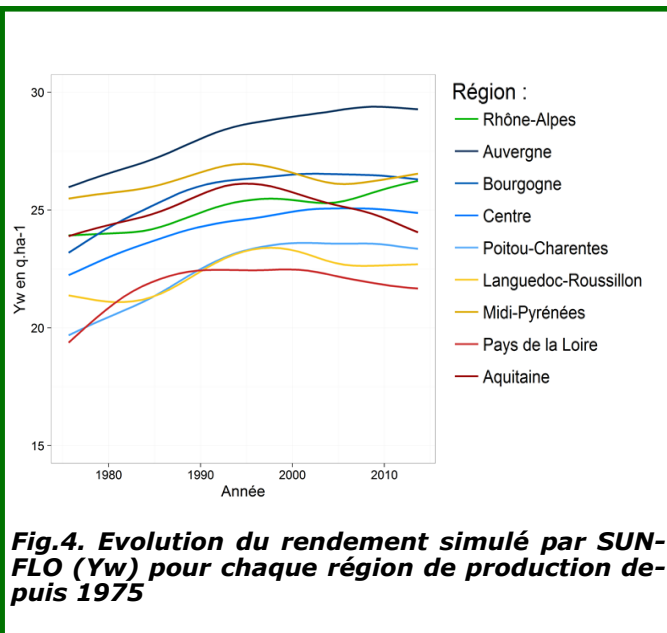
Effet du changement climatique sur l'évolution des rendements

des variétés, nous avons simulé avec SUNFLO l'évolution au cours de 39 années (1975 et 2013) du rendement annuel régional d'une variété-type (précoce), semée le 5 avril, pour un peuplement de 5.7 pl.m^{-2} et une fertilisation de 50 q N ha^{-1} .

La conduite étant supposée optimale et homogène, il s'agit donc du rendement Y_w limité uniquement par le climat (situations non irriguées). L'analyse de la tendance a été réalisée en considérant un lissage spline ($\lambda=0,8$) des données brutes de rendement (**Fig.4**).

En comparant les rendements par décades (moyennes sur 10 années), on observe qu'entre 1975-1984 et 2005-2013 les rendements Y_w ont significativement augmenté pour l'ensemble des 9 régions avec une augmentation moyenne de $+1.9 \text{ q.ha}^{-1}$, les plus fortes progressions étant pour Poitou-Charentes et Auvergne ($+3.2$ et 3.1 q.ha^{-1}), les plus faibles pour les Pays de la Loire et l'Aquitaine ($+0.6$ et $+0.7 \text{ q.ha}^{-1}$).

Le changement le plus net est observé entre les décades 1975-1984 et 1985-1994. Entre les décades



1985-1994 et 2005-2013, le rendement a continué à progresser sous l'effet du climat mais plus faiblement ($+1.1 \text{ q.ha}^{-1}$ an Auvergne, $+0.8 \text{ q.ha}^{-1}$ en Rhône-Alpes et $+0.7 \text{ q.ha}^{-1}$ en Poitou-Charentes). Il a régressé dans certaines régions (-0.4 q.ha^{-1} en Midi-Pyrénées, -0.7 q.ha^{-1} en Aquitaine, -0.9 q.ha^{-1} dans les Pays de la Loire). Les régions les plus favorables sur le plan climatique sont l'Auvergne (29.5 q.ha^{-1} sur la dernière décade), les moins productives sont Languedoc-Roussillon (22.6 q.ha^{-1}) et Pays de la Loire (21.5 q.ha^{-1}). Midi-Pyrénées (26.5 q.ha^{-1}) et Poitou-Charentes (23.6 q.ha^{-1}) qui contribuent le plus à la production

nationale ont une position intermédiaire. A l'échelle nationale, la prise en compte des changements de régions de production avec le temps (par ex. diminution dans le Centre) n'affecte pas significativement les tendances observées. Par contre, on ne connaît pas bien les changements d'allocation des sols au sein des régions.

Pour 4 des 9 régions, l'évolution des pratiques culturales sur la période 1989-2013 a contribué à une baisse de rendement par rapport à une conduite de type « assurance » (avant PAC 1992), à intrants non limitants : -0.3 q.ha^{-1} (Centre, Poitou-Charentes), -0.6 q.ha^{-1} (Midi-Pyrénées) et -0.9 q.ha^{-1} (Languedoc-

Effet de la conduite culturale sur l'évolution des rendements

Roussillon), affectant ainsi les régions de production majeures. A l'échelle nationale, la variation du rendement est de $-0,3 \text{ q.ha}^{-1}$ liée principalement aux changements de précocités variétales et de dates de semis.

Les réseaux d'évaluation variétaux de post-inscription permettent d'évaluer le progrès permis par l'innovation variétale à 6.5 q.ha^{-1} entre 1991 et 2012 (soit $+0.31 \text{ q.ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$) (**Fig.5**). Cependant cette évaluation intègre de fait l'effet du changement climatique (et partiellement l'évolution des conduites et du contexte parasitaire).

Effet du progrès génétique sur l'évolution des rendements

De précédents travaux avaient évalué à $+0.33 \text{ q.ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$ le progrès génétique à partir d'essais multi-sites sur 2 ans exprimant un panel de sélection (Vear *et al.*, 2003).

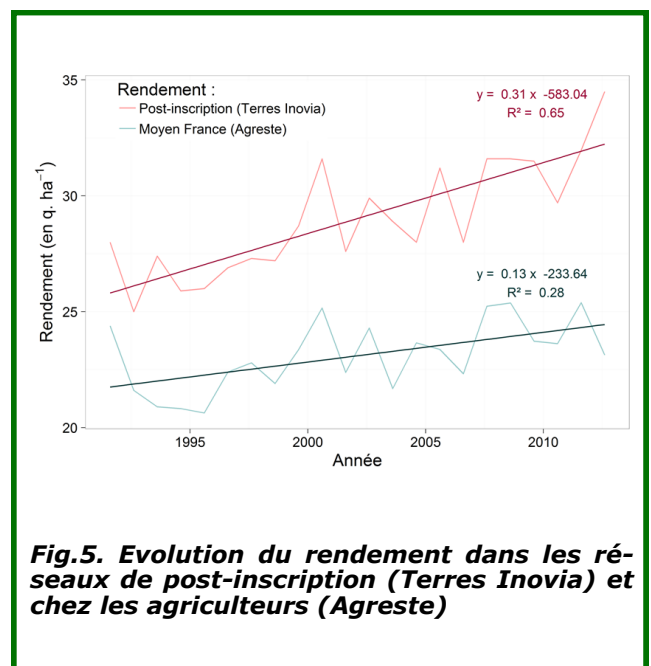


Fig.5. Evolution du rendement dans les réseaux de post-inscription (Terres Inovia) et chez les agriculteurs (Agreste)

Conclusion

Contrairement à la perception des acteurs, le rendement du tournesol (Ya) a augmenté en France chez les agriculteurs de 1.9 q.ha⁻¹ entre 1989-1994 et 2005-2013 (avec des inflexions depuis 2008 en Aquitaine, Bourgogne et Poitou-Charentes).

Sur la même période, on peut évaluer l'effet propre du progrès génétique à + 4.8 q.ha⁻¹ (essais post-inscription corrigés de l'effet changement climatique) et celui du changement climatique à + 0.6 q.ha⁻¹. Il ne semble pas que le changement de localisation régionale du tournesol ait affecté fortement le rendement. Par contre, le changement de conduite culturale aurait baissé le rendement de 0.3 q.ha⁻¹. Ainsi la progression attendue du rendement tenant compte de ces 3 effets était de 5.1 q.ha⁻¹. On peut donc évaluer à 3.2 q.ha⁻¹ l'évolution du yield gap sur la période. Une analyse plus approfondie doit être poursuivie pour quantifier le poids des facteurs non pris en compte par notre étude : valorisation non optimale du progrès génétique, pression biotique croissante (maladies, ravageurs), utilisation des phytosanitaires, changement d'allocation des sols...

Des variantes régionales ont été mises en évidence. L'augmentation du rendement réel (Ya) a été plus importante dans les régions du Sud (et en Pays de la Loire) et le rendement limité par l'eau (Yw) a diminué du fait du changement climatique. Ainsi le yield gap (Yw - Ya) a eu tendance à diminuer.

Au contraire, dans les régions du Nord, le rendement Yw a augmenté à la suite d'une évolution climatique favorable. Ya par contre a moins progressé du fait de conduites non optimales. Le yield gap a ainsi augmenté davantage dans ces régions (**Fig. 6**).

Cette étude a permis de constituer une base historique et géographique des conditions de production du tournesol en France qui pourra être remobilisée pour des évaluations futures.

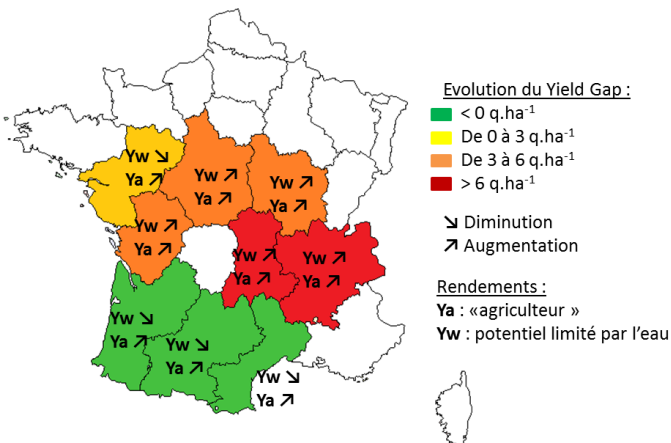


Fig.6. Evolution du yield gap (Yw-Ya) entre 1989-94 et 2005-13 pour les régions de production ; évolution des rendements Ya et Yw

Le modèle SUNFLO

Le modèle SUNFLO simule l'élaboration du rendement et de la teneur en huile des variétés de tournesol en tenant compte du climat journalier, des statuts hydriques et azotés du sol et de la conduite culturale.

Le modèle a été utilisé en appui à l'évaluation variétale en réseau et à la création de références pour le conseil (ex. densité de peuplement optimale).

Les améliorations actuelles portent sur la simulation de la teneur en acide oléique des graines et l'intégration de la composante maladies fongiques.

Les auteurs

Julien SARRON

Ingénieur AgroCampus Ouest, actuellement docteur au Cirad (Sénégal)

François BRUN

Ingénieur à l'ACTA, Co-animateur du RMT Modélisation et Analyse de Données

Pierre CASADEBAIG

Chargé de recherches à l'INRA AGIR. A développé le modèle SUNFLO

Emmanuelle MESTRIES

Ingénieur chargée d'études à Terres Inovia, Animatrice de l'UMT Tournesol

Philippe DEBAEKE

Directeur de recherches à l'INRA AGIR, co-animateur de l'UMT Tournesol

Remerciements

Merci aux ingénieurs régionaux de développement de Terres Inovia (G.Arjauré, J.Charbonnaud, J.Raimbault) qui ont apporté leur expertise précieuse à cette étude. Merci également à F.Salvi et D.Wagner (Terres Inovia) sans qui nous n'aurions pu valoriser les données d'enquête.

Soutien financier

Stage réalisé dans le cadre de l'UMT Tournesol avec un financement du GIS GC HP2E.

En savoir plus

Casadebaig P, Mestries E, Debaeke P. 2016. A model-based approach to assist variety evaluation in sunflower. *European Journal of Agronomy* 81, 92-105

Rollet P. 2014. *Ralentissement de la progression des rendements de tournesol en France : réalité et hypothèses*. Mémoire M2, UPS, Toulouse

Vear F. et al. 2003. 30 years of sunflower breeding in France. *OCL* 10, 66-73.