

Gossypol et herbicides font bon ménage



16

La pilosité et la 'gossypolité' ne sont pas à égalité dans les catalogues variétaux, l'une est considérée, l'autre est ignorée !

Les glandes à gossypol sont nettement visibles sur les limbes et les pétioles des feuilles adultes et des feuilles juvéniles, mais qu'en est-il des ébauches foliaires dans les extrémités apicales ? De la synthèse du gossypol ou de la formation des 'glandes', laquelle précède l'autre ? Est-ce le gossypol libre qui parvient à tacler les herbicides racinaires dans leur ascension à la lumière pour inhiber le fonctionnement des chloroplastes (détoxification) ? Ou bien les glandes exerceraient-elles une sorte de tropisme vis-à-vis de certains herbicides quelque peu lipophiles, diminuant de facto leur concentration active dans les tissus chlorophylliens ? Ce qui pourrait revenir un peu au même si on considère imagine la dynamique de biosynthèse du gossypol et apparentés et la morphogénèse de ces glandes fermées (de facto des poches lysigènes). Bref, quand, comment et où se joue ce singulier rôle détotoxifiant du gossypol ou de sa parenté vis-à-vis des herbicides agissant à la lumière en zone verte, au niveau des chloroplastes dans les tissus chlorophylliens ?

Photo José Martin, Cirad (Serre 12, campus de Lavalette, Cirad Montpellier, 17 juillet 2020, 15h24)

Section 4 de la série 'NECTAR ET GOSSYPOL' :

Réflexions agroécologiques à l'ère de la production de coton biologique encouragée en agriculture familiale paysanne

A partir du premier témoignage original d'un vétéran de l'IRCT au Togo, avec plongées dans la littérature grisâtre et interférences physiologiques des herbicides, questions de recherche et suggestions pour la garde montante et publiante du Cirad

José Martin, Cirad Persyst UR 115 Aïda, août 2024

PREMIERE PARTIE (pour mémoire, juillet 2024, <https://agritrop.cirad.fr/610053/>)

Section 1 : les GLANDES ouvertes et fermées des cotonniers

Section 2 : le GOSSYPOL (Vive le gossypol __ libre !)

Section 3 : 1996, notre SAGA hélas FAILLIE du COTON GLANDLESS AFRICAÏN

SECONDE PARTIE

Section 4 : GLANDLESS ET HERBICIDES NE FONT PAS BON MENAGE

Premier témoignage IRCT Togo, transposable et transposé dans le titre de cet opus en :

'Gossypol et herbicides font bon ménage'

Section 5 : la saga méconnue des cotonniers Mono, agroécologiques sans le savoir (second témoignage né au Togo et couvrant aussi le Bénin et la RCI sur trois décennies)

Section 6 : quels idéotypes de cotonniers pour la production de coton bio ?



Phytotoxicité d'un herbicide de prélevée, post-semis sur cotonniers fraîchement levés, à Gogonou Bénin, le 16 juillet 1997. Coton semé manuellement, feuilles cotylédonaires à peine déployées. Herbicides absorbés par voie racinaire agissant au niveau foliaire en s'opposant à la photosynthèse, utilisables sur une diversité de cultures, en jouant la sélectivité de position, le timing et les doses. *Quid* de leur interaction avec le gossypol ou le métabolisme secondaire associé au gossypol ? Ici, chlorose avec blanchiment absolu probablement due à un inhibiteur de la biosynthèse des carotènes.

Photo Pierre Silvie, IRD/Cirad, éminent entomologiste et photographe (1155 photos déposées dans Ciradimages au 21/08/2024).

NB : Plusieurs graines par poquet, unissant leurs forces pour faire craquer la croûte de battance du sol plus ou moins dégradé. Forces ici plus ou moins amoindries par la phytotoxicité de l'herbicide appliqué quelques jours plus tôt, après le semis : la plantule centrale n'est à ce stade pas atteinte, alors que la plantule au centre droit de la photo est totalement chlorotique et ne survivra sans doute pas. Au moment du démariage (éclaircissage), passé le stade 2 vraies feuilles, seules les plantules les plus vigoureuses seront conservées (1 à 3 plantules par poquet, selon la diversité des conditions et des pratiques).

Glandless et herbicides coton de post-semis ne font pas bon ménage

Le constat "les cotonniers glandless ne font pas bon ménage avec les herbicides de post-semis" peut-il être retourné en "gossypol et herbicides de prélevée font bon ménage (par détoxification)" ?

Ce constat personnel et très largement méconnu au Cirad remonte à mon premier poste de ciradien, il y a de cela 40 ans, en mars 1984¹, avec mon affectation à la station IRCT de Kolokopé au Togo (mon tout premier poste d'agronome coton remontant à 1982, à la station IRCT de Bébedjia, au Tchad, en tant que volontaire du service national actif VSNA avec gestion IRCT pour le compte du Ministère de la Coopération).

Le début des herbicides en culture cotonnière en Afrique de l'Ouest francophone remonte à 1976 au Cameroun, cela est rappelé notamment dans mon article panoramique coton et canne à sucre "[Phytoma 2020](#)". Les herbicides étaient ignorés à mes débuts en 1982 au Tchad, y compris sur la station de Bebedjia (la main d'œuvre y était pléthorique) ; par contre, ils étaient déjà routinièrement utilisés à mon arrivée au Togo en 1984, sur coton et cultures assolées, sur station à Kololopé et sur points d'appui (réseau de mini-stations couvrant le pays), si bien qu'ultérieurement, à partir de 1986 les sélectionneurs coton nouvellement en poste (Goebel père puis Dominique Dessauw) demandèrent à ne pas herbicider les essais variétaux sur station, afin d'éviter tout incident ou accident par phytotoxicité visible ou sournoise, directe ou indirecte par dérive des parcelles voisines (Dominique Dessauw, communication personnelle, 22/02/2024). En effet, même si la phytotoxicité restait généralement discrète et fugace (incidence visuelle sans effet dépressif sur les rendements : symptômes foliaires avec décolorations chlorotiques, petites taches nécrotiques au stade cotylédonaire, plus rarement sur première ou deuxième vraies feuilles, il pouvait arriver notamment pour des produits en expérimentation avec les doses les plus fortes, ou en cas de surdosage accidentel, qu'elle soit plus sévère (accidents avec décolorations nécrotiques atteignant davantage de feuilles, réduction de croissance et du stand de cotonniers par mortalité). Ainsi, ce témoignage explicite : "*Le norflurazon, qui présente le plus d'agressivité au moment de la levée et sur les cotonniers jeunes, se montre le plus dépressif sur les rendements.*" ([Michel Déat, 1981](#))

¹ Le Cirad allait naître par décret dans le courant de l'année 1984 avant de démarrer effectivement en 1985.

Il se trouve qu'à mon arrivée au Togo en 1984 **un dispositif variétal incluait quelques lignées glandless, immédiatement repérables dès la levée par leurs décolorations quasiment généralisées** sur plantules, notamment sur les feuilles cotylédonaires, peut-être aussi sur 1^{ère} et 2^{ème} vraies feuilles (je n'en ai pas de photos, car à l'époque je venais d'acquérir un appareil photo réflex mais je n'avais pas encore appris à m'en servir !). C'était **l'expression flagrante, mémorable et mémorisée personnellement de leur plus grande sensibilité à la phytotoxicité de l'herbicide de prélevée utilisé pour désherber cet essai.**

Quarante ans plus tard, au quarantième anniversaire du Cirad, début 2024, une plongée dans la littérature grise archivée en bibliothèque Cirad, campus de Lavalette, m'a permis de préciser davantage. Les lignes décolorées étaient **les 6 cultivars glandless** (notés GI) maintenus dans la collection variétale togolaise en 1984, dispositif à une ligne par cultivar, qui en contenait une cinquantaine, avec un cultivar témoin interposé toutes les 5 lignes, les lignées glandless n'étant pas toutes groupées entre elles, dispersées qu'elles étaient en 3 sous-ensembles de 3, 1 et 2 lignes, immédiatement réparables et repérées au stade plantule par la flagrante phytotoxicité chlorotique. A noter aussi qu'il y avait aussi **2 cultivars nectariless, notées Ne, dont un qui était à la fois glandless (donc GI + Ne).** Le document consulté en bibliothèque (<https://agritrop.cirad.fr/367515/>) est le rapport d'activité 1984, rédigé en 1986 par Serge GOEBEL, car en 1984 il était encore basé à Bouaké, RCI, et fit cette année-là au Togo sa première mission d'appui en fin de campagne, l'intendance de l'activité étant assurée par le second auteur, G. KUAKOUVI ; ils ne jugèrent pas utile de rapporter cet incident de décoloration ayant touché les lignes glandless suite au traitement de post-semis prélevée. Pas plus qu'ils ne signalèrent que les essais furent normalement fertilisés, désherbés par la suite et protégés contre les ravageurs. Mais quel produit put être le désherbant utilisé en post-semis, et à quelle dose ?

Nouvelle plongée dans la littérature grise, dans **les rapports de mission de notre ancien expert herbicides IRCT, Michel DEAT**, déjà cité. En 1984, le Zorial (norflurazon) avait été banni de la liste des herbicides vulgarisables sur coton en Afrique de l'Ouest car le risque phytotoxique était d'emblée trop élevé. Le Zorial avait certes été utilisé sur la station quelques années auparavant car on m'avait montré un endroit où utilisé en excès ses arrière-effets phytotoxiques persistaient encore. Le norflurazon en tant qu'inhibiteur de la synthèse des caroténoïdes, pigments intervenant dans la photosynthèse, provoque des blanchiments chlorotiques. Mais **le norflurazon était hors-jeu pour les sévères décolorations observées en 1984, tirant de mémoire davantage sur le jaunâtre.**

D'autres herbicides étaient en phase d'évaluation relativement avancée au Togo (tableau en annexe page 16 du rapport de mission Déat 1984) ; certains d'entre eux, déjà vulgarisés au Cameroun et en RCI, étaient systématiquement utilisés au Togo pour le désherbage des cultures en points d'appui IRCT, dont j'avais la responsabilité en tant que chef de la section agronomie coton. Tous les herbicides coton, souvent binaires, contenaient une triazinone (prométryne, dipropétryne, ou terbutryne) ou une urée substituée (fluométuron, diuron), substances inhibitrices du photosystème II à l'instar des triazines : lorsque ces substances provoquent de la phytotoxicité, elle se traduit d'abord **par des décolorations chlorotiques, très proches de celles induites par les inhibiteurs des caroténoïdes tel que le norflurazon.** "Si ce n'est toi, c'est donc ton frère" pourrait s'être plaint l'agneau glandless à l'herbicide outrageant ! Quant à la dose, elle n'est certainement pas en cause, car un surdosage aurait entraîné des décolorations généralisées possiblement aggravées de nécroses létales.

"Enfin, il peut arriver que la sensibilité accrue des variétés glandless aux herbicides entraîne des accidents spécialement pour les traitements de pré-levée". Aveu de [Jacques Lançon, 1996](#) déjà cité dans le 'premier tome' de cette série, 3^{ème} section dédiée à la faillite de notre glandless super-riche en fibre en agriculture familiale paysanne ouest-africaine, avec subtilement distillé parmi bien d'autres à l'insu de la voix de son maître (la direction de publication Cirad de *Agr. & Dvt.*), avec en l'occurrence imprécis et sauf erreur unique dans notre littérature maison, publiée ou grisâtre. Aveu imprécis car non détaillé, mais l'essentiel y est : **des accidents avec des herbicides de prélevée sont imputés à une sensibilité accrue du germplasm glandless !** Aveu précieux, qui accrédite mon témoignage visuel rapporté page précédente. Aveu unique, sauf possible défaut de complétude de ma part, car je n'ai trouvé aucune autre mention de cette sensibilité dans nos écritures maison (publications ou rapports d'activité ou de mission) relatives au glandless et aux herbicides des années 80 ou 90 en RCI ou au Togo ; cependant, pour pouvoir l'affirmer avec certitude, il faudrait passer au peigne fin tous les rapports coton Bénin, Burkina et Mali où il eut aussi des emblavements en glandless et du désherbage chimique.

Dans le contexte cirado-africain des années 1980 et 1990, par herbicides coton de prélevée, il faut entendre des triazinones et/ou urée substituées appliqués en post-semis, avec de petits appareils portés à une main (voir [Herbicides et agricultures familiales, un mariage de raison ?](#)) ; et par accident, il faut entendre des 'injures' ou 'outrages' outrepassant les inoffensives petites chloroses passagères, affectant la vigueur et la vitalité des cotonniers, avec des réductions de la croissance voire du stand des cotonniers (densité du peuplement), avec *in fine* un impact sur la production (rendement) ressenti négativement par les producteurs.

Des poils absorbants racinaires aux chloroplastes foliaires. Les herbicides de prélevée des adventices, appliqués en post-semis de la culture, à la surface du sol généralement propre ou à peu-près, sont absorbés par voie racinaire (l'hypocotyle peut aussi absorber) et transportés par voie xylémique jusqu'aux chloroplastes où ils inhibent la photosynthèse (d'autres modes d'action existent mais globalement le cheminement racine → feuille est le même) en faisant mourir les plantules souvent encore minuscules (difficile à voir pour un œil non aguerri). Ainsi, les adventices dont les graines sont positionnées en surface sont immédiatement exposées, alors que les cultures et les adventices dont les semences sont plus en profondeur sont temporairement protégées : c'est la sélectivité de position ; pour un même différentiel de profondeur, la sélectivité de position joue plus ou moins en fonction des propriétés des substances herbicides, des sols et des conditions météorologiques des jours d'avant et surtout d'après l'application, qui à leur tour jouent sur la migration de l'herbicide en profondeur et sa dégradation par voies physico-chimique et biologique. En général, avec les herbicides homologués pour le désherbage des cotonniers, les symptômes de phytotoxicité, n'apparaissent donc pas systématiquement, et s'atténuent rapidement s'ils apparaissent, puis disparaissent à mesure que la plante grandit en profondeur dans le sol et en hauteur au-dessus, et restent sans incidence notable sur le rendement de la culture.

Capacité d'auto-détox. Cependant, en matière de sélectivité de la culture par rapport à "ses herbicides", ceux reconnus suffisamment sélectifs en conditions normales d'utilisation, le "*parce que c'était lui, parce que c'était moi*" entre Montaigne et La Boétie joue aussi. **Certaines plantes sont capables de détoxifier les substances herbicides avant leur entrée dans les chloroplastes.** Ainsi du maïs avec l'atrazine ; idem, dans une moindre mesure avec le sorgho, à l'exclusion du cotonnier et de

l'arachide². Cela nous ramène au coton, avec ou sans gossypol, ou avec plus ou moins de gossypol (différences variétales), traité avec des herbicides à absorption racinaire, notamment les inhibiteurs de la photosynthèse ou de la synthèse des carotènes : dans le cytoplasme, le métabolisme secondaire lié à la synthèse du gossypol (sensu lato) contribuerait à détoxifier ces herbicides en les piégeant massivement lors de la formation des nouvelles glandes à gossypol (seules celles contenues dans cotylédons étant préformées dans la graine) ; ainsi, seule la fraction résiduelle de l'herbicide absorbé et non piégé atteindrait les chloroplastes, provoquant des décolorations (chloroses); voie de détoxification n'existant donc pas en variétés glandless et s'exprimant plus ou moins intensément pour les variétés dites "*glanded*" en anglais, en fonction de leur densité en glandes ou de leur **teneur en gossypol, total ou libre**. Ce rôle détoxifiant du gossypol interceptant une partie des herbicides avant leur entrée dans les chloroplastes est par chance et à titre d'exemple clairement explicité page 145 dans le remarquable manuel de Tissut et Séverin édité par l'ACTA en 1984, sans toutefois citer la référence originale probablement américaine : "**Des herbicides peu hydrophiles, comme les dérivés de l'urée ou des triazines, peuvent accéder à des sites d'accumulation glandulaire : c'est le cas chez le cotonnier où [...ils] se concentrent dans des glandes lysigènes des feuilles, au détriment des tissus chlorophylliens**". Par chance car le coton ne fait pas partie des cultures couvertes par le mandat de l'ACTA. Dans l'excellent chapitre de P. Gaillardon sur la 'Sélectivité des herbicides' du manuel 'Les herbicides, modes d'action et principes d'utilisation' (R. Scalla, INRA, éd., 1991, hélas non disponible en ligne), on lit tout en bas de la page 250, que la métabolisation intervient aussi dans la tolérance du coton au diuron et au monuron car il est capable (ainsi que le plantain *Plantago major*) d'effectuer la N-déalkylation complète de ces molécules. Cependant, cette mise hors d'état de nuire de tout ou partie de ces deux herbicides par les cotonniers ne semble pas en l'occurrence liée au gossypol ou aux autres composés associés au gossypol. Ici aussi, comme dans le Tissut et Séverin, la source primaire n'est pas citée. A noter que la voie 'gossypol détox herbi' n'est pas citée par Gaillardon, ce qui cohérent avec l'absence du coton culture tropicale dans l'index de cet ouvrage édité par le Labo herbicides de l'INRA à Dijon, alors que le diuron y est avec plus d'une dizaine de renvois, dont celui à la page 250 qui fait état de la tolérance au diuron et au monuron du plantain, et sans doute par raccroc au coton, probablement cité dans la référence américaine originale, non citée.

² On a eu cependant de cas mémorable, avec Edward Gérardeaux au Cameroun, où la seule sélectivité de position a suffi à sauver un coton traité à l'atrazine et inversement un maïs traité au diuron (inversion erronée); dans le même esprit, un usage non homologué au Brésil consistait à atraziner en jet dirigé les interrangs des cotonniers déjà en fleurs, pour prévenir plus efficacement un enherbement tardif sans conséquence pour le rendement, mais pouvant pénaliser la progression des machines à la récolte (lianes) et surtout polluer la fibre par des contaminants végétaux très accrocheurs et difficiles à ôter en usine.

Quid donc de la littérature internationale ? Un important article de synthèse ([TA Gaines, 2020](#)) sur les mécanismes impliqués dans la sélectivité des cultures (en général) aux herbicides (en général) cite une synthèse antérieure de 1995 qui elle-même renvoie à **une référence unique datant de 1988 faisant état d'une lignée de coton glandless beaucoup plus sensible au norflurazon que son isoligne avec gossypol** ; TA Gaines en donne l'interprétation suivante, impliquant métabolisme secondaire, glandes lysigènes et herbicides lipophiles mis hors d'état d'atteindre leur cible par leur emprisonnement dans les glandes : "*Other leaves have lysigenous glands involved in the production and storage of oily secondary metabolites that can compartmentalize lipophilic herbicides, preventing them from reaching their site of action*". Interprétation étayée par Jean-Luc Verdeil, responsable de la tant remarquable plateforme d'imagerie cellulaire végétale [PHIV](#) (communication personnelle du 26/06/2024) : c'est bien lors de la formation des glandes à gossypol que des composés ayant des affinités avec les précurseurs de terpénoïdes ou des flavonoïdes peuvent se mêler et se retrouver enfermés dans les glandes des feuilles différenciées, développées et déployées dans les plantules.

Plus récemment au nouveau Mexique, [JF Zhang et al.](#) se sont intéressés à la sensibilité génotypique du coton aux sulfonylurées appliqués en post-levée (application foliaire sur jeunes plants). En 2019 un premier article faisait clairement état de la plus grande sensibilité des lignées glandless à l'halosulfuron, avec en outre de la variabilité significative au sein du germplasm Upland (*G. hirsutum*). En 2021 dans le *Cotton Research Journal* un second gros article présentait la sensibilité au trifloxysulfuron d'un panel de plus de 200 cultivars de coton, dont **60 Pima (*G. barbadense californiens*)**, 122 Upland et 9 populations ségréantes de croisements Pima x Upland, avec comme résultat **une haute tolérance de tous les Pima** et d'une bonne partie du germplasm Upland, où il existe cependant une variabilité significative. La classification des lignées et cultivars n'a pu être mise en corrélation avec leur richesse en gossypol, mais il se pourrait bien que la densité de glandes à gossypol et/ou leur teneur en gossypol total ou libre déterminent une bonne part de la tolérance variétale à ces sulfonylurées appliqués en post-levée, même si d'autres mécanismes peuvent aussi être en jeu.

Ainsi, la richesse en gossypol total ou libre interviendrait dans la tolérance spécifique (au sein du genre *Gossypium*) ou variétale (intra spécifique) des cotonniers à plusieurs familles d'herbicides. Ce domaine de recherche demande sans doute à être abordé dans un cadre conceptuel à formaliser, mettant en scène la circulation des herbicides dans les tissus et les cellules jusque dans leurs sites d'action moléculaire et leurs interactions avec le métabolisme secondaire dans son ensemble et ses convergences avec les glandes en formation des tissus en croissance. Le gossypol, facteur de sélectivité involontaire et fortuit du coton à ses herbicides, avec vraisemblablement proportionnalité du degré de sélectivité aux teneurs en gossypol (ou autres métabolites associés). Involontaire, car si dans la Nature le gossypol a été retenu par la sélection naturelle pour le genre *Gossypium*, ce n'est certes pas pour le prémunir contre les injures outrageantes des herbicides, création sub-actuelle non naturelle, vraie conquête pluridisciplinaire des arts et métiers de la chimie agricole en étroite interaction avec la biochimie et la physiologie végétale (via l'étude des modes d'action, inhibiteurs pour la plupart de fonctions liées directement ou indirectement à la photosynthèse)³.

³ En témoignent les nombreux manuels et traités consacrés aux bases scientifiques et techniques des relations plantes x herbicides, dont par exemple ceux de l'ACTA (l'Association de Coopération Technique Agricole qui fédère en France les instituts techniques agricoles) ; ainsi, dans le remarquable **TISSUT & SEVERIN (ACTA ed., 1984)**, le premier tiers des 240 pages est consacré à des rappels de physiologie végétale indispensables à la

EN GUISE DE CONCLUSION, tout cela ne suscite-t-il pas une diversité de questions de recherche, parfois gigognes, parmi lesquelles :

- N'y aurait-il pas intérêt à caractériser les cultivars de coton par leur teneur en gossypol ? total et libre ? Variabilité inter et intra cultivars ?
- En pratique comment opérer ?
- La quantité de gossypol contenue dans les amandes (dans les graines) est-elle un bon prédicteur de la quantité de gossypol qui sera produite par la plante pendant son développement végétatif et reproducteur ?
- Quelle sensibilité de la production de gossypol, total et libre, aux conditions environnementales en général et aux stress abiotiques et biotiques ?
- Effets cocktail du gossypol, des anthocyanes et des autres métabolites secondaires des cotonniers ?
- Quelles similitudes et différences entre gossypol, nicotine, caféine, théobromine, ou autres ? ou entre pyréthriinoïdes, opioïdes, cannabinoïdes ??
- Quel coût énergétique à la biosynthèse du gossypol et des autres métabolites secondaires ? au détriment globalement du potentiel de production, ou partiellement par exemple de la production de graines; et dans la graine de la teneur en huile des amandes ? avec quelle répercussion sur la richesse en fibre (expression dérivée de mon expérience canne à sucre...)?
- Inversement, quels avantages agroécologiques à la biosynthèse de gossypol et son cortège de métabolites secondaires en matière de protection phytosanitaire en conditions de production cotonnière à bas niveau d'intrants, ou de production biologique ?
- Quid d'investir au Cirad dans le renforcement de la recherche en matière de métabolisme secondaire, fort de nos acquis café, cacao, caoutchouc ou gomme arabique et des synergies croissantes avec [PHIV](#) notre super plateau d'imagerie et histologie cellulaire de plus en plus fonctionnelle ?

Or qui dit questions de recherche dit potentiellement gisement de publications notamment par et pour la garde montante du Cirad, notamment en renforcement de la feuille de route coton qui pourrait le cas échéant les intégrer dans sa stratégie et en orchestrer le développement progressif, en commençant par les mises à jour biblio préalables au lancement d'actions ou de programmes de recherche. Cette conclusion partielle peut d'ailleurs s'appliquer à l'ensemble de la série Nectar et Gossypol, dont les sections 5 et 6 sont à suivre. Le tout en appui à l'agriculture familiale africaine, et sa composante la culture cotonnière paysanne, si importante à maints égards dans bien des pays du continent. /-

compréhension de l'intimité des relations plantes x herbicides, qui dans un second tiers sont scientifiquement exposées en termes de relation d'inhibition de fonctions enzymatiques propres aux végétaux, avant d'atterrir dans le dernier tiers sur les aspects pratiques de l'utilisation agricole des herbicides. Les fondements scientifiques de l'efficacité et la sélectivité des herbicides sont également fort bien exposés dans le remarquable **GAUVRIT (QUAE éd., 1996)**. Cette expertise en "herbicidologie" est cependant en voie de disparition dans les institutions publiques de recherche françaises et sans doute européennes : en témoigne la disparition du Laboratoire des herbicides de l'INRAe à Dijon, qui y était le pendant du Laboratoire de Malherbologie, dont l'activité persiste et s'est développée sous une autre appellation. N'est-ce pas là, comme en matière de biotechnologies, une lacune potentielle pour la France en tant que grande puissance agricole dans une stratégie d'avenir à long terme ?