

REVUE DU VIVARAIS



## L'Ardèche, terre d'expérimentation agricole



ACTES DU TROISIÈME FORUM  
RECHERCHE ET TERRITOIRE  
**tenu le 21 octobre 2016**  
au Domaine Olivier de Serres

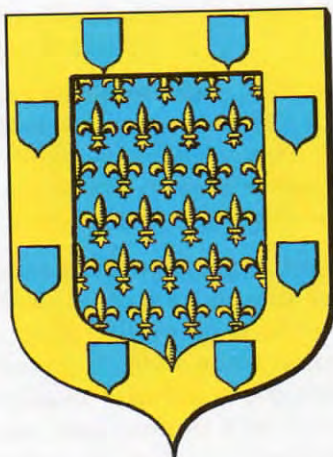


REVUE TRIMESTRIELLE

PUBLIÉE AVEC LE CONCOURS DU CONSEIL DÉPARTEMENTAL DE L'ARDÈCHE

TOME CXXI, n° 1, 2017  
(FASCICULE 809)

# REVUE DU VIVARAIS



REVUE TRIMESTRIELLE

PUBLIÉE AVEC LE CONCOURS DU CONSEIL DÉPARTEMENTAL DE L'ARDÈCHE

TOME CXXI, n° 1, 2017

(809)

# *Les cultures expérimentales en Ardèche et les origines de l'agriculture au Proche-Orient*

## *Introduction*

**E**n 1985, Jacques Cauvin, archéologue au C.N.R.S. a, avec son équipe de chercheurs, établi l'Institut de Préhistoire Orientale au sein de la Commanderie de Jalès, en Ardèche méridionale. La même année, nous avons commencé un projet de cultures expérimentales sur les terrains de la Commanderie, afin de mieux comprendre l'agriculture préhistorique (fig. 1). Cet article explique comment les



*Fig. 1 : automne 1985, le début des cultures expérimentales à Jalès.  
À droite, Patricia Anderson, à sa gauche Danielle Stordeur et Marie-Claire Nierlé.  
George Willcox est en arrière-plan, en train de s'occuper des ensemencements.*

cultures expérimentales en Ardèche ont aidé à comprendre le processus par lequel les premiers peuples néolithiques sont passés de la cueillette à l'agriculture, il y a plus de 10 000 ans (les dates sont obtenues par la mesure de l'activité radiologique de l'isotope de carbone 14 présent dans la matière organique et calibrées par dendrochronologie, ces dates sont « avant le présent », c'est à dire avant 1950).

La domestication de plantes telles que le blé ou l'orge s'est traduite par des changements morphologiques. En particulier, les céréales domestiques ont perdu leur capacité à disperser elles-mêmes leurs épillets, contrairement à leurs ancêtres sauvages (fig. 2).



*Fig. 2 : deux épis de blé engrain, aussi connu sous le nom de petit épeautre.  
À droite, un épi sauvage qui se brise en épillets avec des grains bien enveloppés  
dans les glumelles épaisses qui se terminent par une barbe.  
À gauche un épi domestique. Au centre en haut, la base d'un épillet sauvage  
avec la zone de rupture qui se brise à maturité ; en bas la base d'un épillet domestique  
qui montre la cassure artificielle, faite pendant le battage.*

Lors d'un colloque international organisé à Jalès en 1987, certains chercheurs ont postulé que la domestication des céréales fut rapide, il aurait même suffi de quelques générations (Zohary 1992 ; Hillman, Davies 1990). Si l'on admet ces hypothèses, les traits de la domestication seraient apparus quasi en même temps que le début de la mise en culture des populations sauvages. Donc, afin de dater les débuts de l'agriculture, les archéologues se sont fondés sur l'apparition de cette caractéristique il y a 10 500 ans au Proche-Orient.

Cependant, d'autres archéologues comme Jacques Cauvin ont mis cette hypothèse en doute, puisque les données archéologiques suggèrent des changements graduels sur le long terme (Cauvin, 1994).

C'est pourquoi nous avons entrepris de tester, par des cultures expérimentales de blé sauvage nommé *engrain* ou *petit épeautre* (fig. 3), l'hypothèse selon laquelle la mise en culture de ces plantes a conduit à



Fig. 3 : un épi de blé sauvage dans les cultures expérimentales à Jalès en train de se disperser en épillets.

une domestication extrêmement rapide. Il s'agissait de tester la rapidité, ou autrement dit, le laps de temps écoulé entre le début de la mise en culture et la domestication morphologique, non pas en attendant le temps nécessaire à cette transformation, mais en évaluant le coefficient de sélection en faveur des plantes mutantes, qui ont perdu leur capacité à disperser leurs épillets. Les épillets sont les organes de dispersion, ils contiennent un ou deux grains. Longtemps, nous avons pensé que ces mutants ont été favorisés lorsque les humains ont récolté et ressemé les grains, car lorsque l'on moissonne les céréales sauvages, ce sont les épillets qui restent sur l'épi qui se reproduisent. Par contre, les grains qui se dispersent naturellement et donc tombent au sol sont perdus pour la récolte : les ramasser par terre est long et difficile, de plus la récolte est contaminée par le sédiment du sol. Il est inévitable qu'une partie de la récolte potentielle tombe à terre en raison de la maturation irrégulière des plantes sauvages. Cette maturation irrégulière fait que les épillets précoces, ceux qui se trouvent sur la partie supérieure des épis, vont se disperser spontanément avant la moisson. De même, une minorité des plantes est plus précoce que d'autres et perd également ses grains avant la moisson. En revanche, un mutant qui a perdu cette capacité de se disperser serait automatiquement favorisé par la sélection naturelle durant la moisson, aux dépens des formes sauvages. Les épillets qui restent sur les épis jusqu'à la moisson sont évidemment mieux adaptés à l'agriculture. Il est important de souligner que cette sélection naturelle ne peut se faire qu'au moment de la moisson : une fois les épillets récoltés, la séparation entre les deux types est très difficile, voire impossible à opérer, car à l'œil nu les épillets sont identiques.

Les expériences concernent donc la sélection des plantes qui ont hypothétiquement perdu la capacité de disperser les épillets dès la maturité, ce qui caractérise les premières céréales domestiques. En revanche, cette capacité est essentielle dans la nature.

Hillman et Davies (1990) ont déjà présenté un modèle suggérant une sélection forte et donc une domestication rapide des céréales sauvages du Proche-Orient. Ils ont développé une méthode pour calculer des coefficients de sélection en faveur des plantes mutantes ayant perdu leur capacité de dispersion, en particulier l'en grain. Ce modèle indique que la domestication aurait été très rapide ; les auteurs suggèrent une période de moins de 200 ans. Le modèle est fondé sur une estimation par les généticiens de taux moyen de mutation spontanée dans la nature. Ce taux est évalué à un mutant tous les 2-4 millions de plantes. Un champ d'un hectare pourrait produire plus d'une tonne de grains, étant donné que 2,5 à 3,5 grammes représentent 100 grains, il y a plusieurs millions de grains par hectare. En conséquence, ce mutant devrait apparaître en quelques années. Cependant, les chercheurs n'ont jamais observé d'exemple de cette mutation dans les populations sauvages, ni dans les stations de sélectionneurs, ni dans la nature. Pour

nous, la fréquence de la mutation dans une population n'est pas la question principale, nous voulons savoir, à partir du moment où la mutation est arrivée dans la population, quel est le coefficient de la sélection et si ce taux est suffisant pour fixer ces mutants dans la population.

## *Méthodes*

Les cultures expérimentales des céréales ont été initiées par Jacques Cauvin et Patricia Anderson (fig. 4) à Jalès en 1985. Les semences initiales utilisées pour les expériences sur l'en grain ont été recueillies en Anatolie de l'Est dans la région de Karaçadag, à une altitude de 600 mètres, par Patricia Anderson, en 1988 (fig. 2, 3, 5). Après trois ans, nous avons suffisamment augmenté nos semences issues de cette population pour réaliser les expériences (Willcox, 1992 et 2007).



*Fig. 4 : Patricia Anderson en train de moissonner le blé sauvage à l'aide d'une réplique de faucille en silex à un manche de bois.*



*Fig. 5 : un épi de blé sauvage en fleur avec les étamines sorties afin de disperser leurs pollens.*

Les différences climatiques entre le Proche-Orient, plus particulièrement le lieu de recueil d'engrain sauvage, et l'Ardèche méridionale n'ont pas eu d'influence sur nos expériences pour les raisons suivantes. Tout d'abord, l'éco-type d'engrain sauvage recueilli en Anatolie de l'Est est apparemment bien adapté au climat de l'Ardèche méridionale, puisque les cultures se sont indubitablement épanouies dans nos parcelles (fig. 5). L'engrain sauvage est une plante adaptée à une large gamme d'environnements ; il pousse entre 0 et 2 000 mètres d'altitude sur des sols divers et avec des pluviosités annuelles très variables. Finalement, le climat exact au Proche-Orient il y a 10 000 ans reste mal connu. Par rapport au blé sauvage, en revanche, nos essais avec d'autres ancêtres sauvages de plantes domestiquées au Proche-Orient comme les lentilles, les petits pois, l'erse, et un autre blé sauvage, l'amidonnier, ont échoué car ces plantes sont mal adaptées aux conditions locales en basse Ardèche. Il faut noter que dans ces cas, nous avons récolté les semences en Syrie du sud, à basse altitude, sur des sols volcaniques et acides, conditions très différentes de celles de la basse Ardèche.

Les champs ont été préparés avec les moyens d'aujourd'hui (merci à Jean-Paul Chalmeton, agriculteur à Jalès). Les épillets vêtus ont été semés à la volée, puis nous avons utilisé un râteau pour les recouvrir. Plusieurs années plus tard, nous avons constaté que la période des semailles pourrait commencer à la fin juin-début juillet, comme dans la nature, mais aussi beaucoup plus tard, jusqu'au début novembre.

Nous avons expérimenté sur huit parcelles différentes techniques de récolte (tableau 1). Nous avons essayé de faire la récolte par secouement des plantes avec bâton et panier, par simple déracinement, avec faucille



Tableau 1 : les différentes techniques de récolte.

parcelle	méthodes	m2	date	1989	hum%	1990	l/m2	%l	s/c	1991	%S	1992	%S1	1993
A	secoué	12,5	26.6	0,65	10,36	0,169	.242	94,5				1,76		.34£
B	faucille	25	19.6	1,2		5,5	.027	10,93	.114	2,05	37,27	1,55	75,6	
C	main	25	21.6	1,2	31,16	1,55	.088	58,6		2,3	148,38	1,49	64,7	
D	faucille	12,5	12.6	0,65	50,86	3,3	.015	5,36	.106	2,06	31,21§	1,01	49	
d	faucille	12,5	29.5	0,65	57,40*									
E	faucille	25	12.6	1,2	52,68*	7,5	.018	5,6	.105	1,56	20,8			
F	main	25	13.6	1,2	53,00*	5,5	.057	20,57	.134	2,25	40,9			
G	déraciné	12,5	14.6	0,65	49,81	2,55	.020	8,92	.110	1,04	18,57§			
g	déraciné	12,5	19.6	0,65		3,35	.022	7,58	.112					
H	faucille	12,5	13.6	0,65	47,50*	2,25	.018	9,09	.111	1,97	51,16§			
h	faucille	12,5	21.6	0,65		1,6	.031	19,47	.130					
Poc	faucille	15	11.6			3	.011	5,21						
Lf	faucille	91	21.6		33,59	14,8	.093	36,8						

**Clés des abréviations.**

1989 = poids en kg semence 1989 (poids kg épillets vêtus)

hum% = humidité au moment de la récolte

1990 = poids de récolte 1990

l/m2= ensemencement spontané par m2

m2= surface plantée

%l= pourcentage ensemencement spontané

s/c= sélection coefficient après modèle de Hillman < 0.1 aucune domestication

1991 = poids de récolte 1991

%S = pourcentage récolte (1991 par rapport au précédent (ensemencement spontané 1990))

1992 = poids récolte 1992 (ensemencement spontané)

%S1 = pourcentage récolté 1991 par rapport au précédent (ensemencement spontané 1992)

1993 = moyen de la récolte de plusieurs parcelles

§ = demi parcelles combinées

\* = estimation

£ = résultat combiné

(fig. 7) et par cueillette des épillets à la main. Pour chacune de ces techniques, nous avons fait une récolte précoce et une récolte à maturité. Afin d'estimer les différents stades de maturité, nous avons mesuré l'humidité des grains provenant de chaque parcelle immédiatement après la moisson.

Nous avons obtenu les ratios entre les épillets récoltés, les épillets perdus (disséminés spontanément) que nous avons ramassés au sol (fig. 6) et les épillets conservés pour les semailles de la génération suivante. À partir de ces données et avec l'estimation du taux de mutation, on obtient le coefficient de sélection. Nous avons obtenu une large gamme de résultats à partir de différentes techniques de moisson et de semis, ainsi que des coefficients de sélection différents selon les techniques employées (tableau 1).

Nous avons fait des essais de germination pour les récoltes afin de tester la viabilité (Willcox, 1992 et 2007 ; je remercie Jean-Paul Mandin et ses élèves du Lycée Agricole Olivier de Serres). Ce dernier point est important pour vérifier la viabilité des ensemencements futurs à partir des récoltes effectuées à l'état vert. Ces tests ont toujours donné des résultats positifs (tableau 1).

Les moissons précoces au stade vert sont viables et subissent moins de pertes.



*Fig. 6 : à droite, Ramon Buxo et George Willcox en train de ramasser les épis qui sont tombés avant ou durant la moisson par dispersion naturelle.*

Afin d'estimer les coefficients de sélection, nous avons pris une fréquence arbitraire de 0,1%, soit 20 plantes dans une population de 20 000. Ensuite, en fonction des résultats obtenus sur le terrain, nous avons calculé la fréquence des mutants (ceux dont la caractéristique est de rester sur l'épi) présents dans la récolte.

## *Résultats*

Les résultats des cultures expérimentales ont été déjà publiés (Willcox, 1992 et 2007). En premier lieu, nous avons constaté que la récolte précoce à l'état vert réduit la perte. C'est normal puisque le mécanisme de dispersion à ce stade est déclenché sur un petit pourcentage de plantes. Mais la dispersion des épillets va augmenter progressivement sur une période d'environ trois semaines, jusqu'à ce que tous les épillets soient tombés. Si la récolte est précoce et que le taux d'humidité est d'environ 50%, la perte est réduite et le taux de sélection des plantes qui ne se dispersent pas est évidemment réduit lui aussi. Les récoltes plus tardives provoquent davantage de pertes avec un taux de sélection plus



*Fig. 7 : la moisson d'en grain domestique, deux gerbes en arrière-plan, les épis sont intacts. Au premier plan, une sélection de répliques de faucilles néolithiques utilisées pour récolter les céréales.*

important. Nous avons aussi constaté que l'utilisation des faucilles en silex, répliques de celles trouvées dans les villages néolithiques (fig. 7), est la technique la plus efficace. Par contre, la technique qui consiste à secouer ou à agiter les plantes pour faire tomber les épillets dans un récipient cause des pertes trop importantes. Cette dernière méthode, même si elle est efficace, ne provoque aucune domestication car elle avantage plutôt la dispersion naturelle.

Une autre observation significative concerne les épillets perdus par déhiscence naturelle (spontanée) lors d'une moisson. Ils germent en donnant une récolte non insignifiante avec des plantes de type 100% sauvage. Les habitants des villages néolithiques ont certainement profité de cette ressource. Cet ensemencement spontané par les épillets tombés diminue en effet le taux des mutants dans la population au lieu de l'augmenter (tableau 1). Cet effet important n'a pas été pris en compte dans le model de Hillman et Davies. Si ces parcelles étaient semées à nouveau, cela n'aurait pas empêché la germination des grains « perdus », parce qu'ils survivent en restant dormants et germent en même temps que les grains semés.

Une autre observation importante concerne la germination des grains autour de notre aire de battage. Ce phénomène a été sans aucun doute observé par les chasseurs-cueilleurs du Pléistocène avant qu'ils aient commencé à cultiver. On pourrait conclure que la mise en culture des céréales n'a pas été une invention d'*Homo sapiens*, mais que les humains ont observé dans la nature un processus fortuit qui était le résultat de leurs pratiques, et qu'ils l'ont tout simplement copié.

Les résultats des rendements obtenus sont indiqués dans le tableau. La conception moderne de rendement, basée sur le poids récolté par rapport à la superficie, n'intéressait pas les premiers paysans. C'est le rapport semence/récolte, sans tenir compte de la superficie, qui les intéressait. L'engrain donne des résultats variables, par exemple un champ qui a produit l'équivalent de 3 tonnes (balle incluse) par hectare a donné un rapport de 6.25:1, tandis qu'un autre champ qui a fourni seulement 0,5 tonne a donné un rapport de 8.6:1.

Nous avons tenté de calculer la superficie nécessaire pour une population donnée. D'après nos expériences de culture d'engrain sauvage en basse Ardèche, on obtient entre 0,5 et 1,5 tonne par hectare de grain, balle non incluse, sachant que la balle pèse autant que le grain. Il est impossible de savoir quelle quantité de farine ou de grain aurait pu être consommée par habitant au début du Néolithique. Nous avons décidé arbitrairement que chaque habitant aurait pu consommer, par exemple, 200 grammes de grain par jour, autrement dit 72 kilos par an. Dans ce cas, certes spéculatif, un hectare de culture de blés sauvages serait suffisant pour 7 à 21 personnes. Il est impossible d'estimer la population des sites néolithiques au Proche-Orient.

Mais on peut dire à partir de nos expériences qu'une installation de 50 personnes nécessiterait 2,5 à 7 hectares pour la culture des céréales.

## *Discussion et conclusion*

En conclusion, les traits ou caractéristiques essentiels dans la nature, comme la dispersion spontanée, la dormance et la maturité non-uniforme, perdues au cours de la domestication, n'ont pas empêché la culture de ces plantes sauvages. Nos résultats suggèrent fortement que l'idée que ces caractéristiques sont très désavantageuses pour la culture en champs est fautive. La récolte des ensemencements spontanés va diluer le taux de sélection des types domestiques. Nos chiffres sur la variabilité de la récolte rappellent fortement l'intérêt de récolter dans la nature lorsque les champs ne produisent pas assez pour nourrir le village durant les années maigres, dues aux sécheresses, aux pathologies qui détruisent les récoltes, aux incendies ou aux pillages, par des voisins ou des animaux. Donc, la persistance de la cueillette dans la nature, même si un pourcentage important des récoltés provient de la moisson des champs cultivés, va sérieusement réduire le taux de sélection dans l'ensemble de la population.

Il est donc évident que la cueillette des céréales dans la nature n'a pas été abandonnée du jour au lendemain et qu'elle a été poursuivie parallèlement à l'agriculture. Nous insistons sur la probabilité qu'une partie de cette cueillette aurait pu être utilisée pour la semence, et qu'un mélange des deux populations morphologiquement identiques aurait été impossible à éviter. Ces observations montrent que la pression sélective au début du Néolithique a été considérablement surévaluée par Zohary, Hillman et Davies. Notre expérimentation a montré que la pression sélective a été très variable selon le régime agricole mais qu'elle fût certainement de faible intensité au Néolithique. On oublie souvent que les caractéristiques comme la dormance et une maturité décalée, sur l'épi et entre les plantes, persistent pour les céréales « primitives » comme l'engrain et l'amidonnié domestiques. Ces traits n'ont jamais été éliminés par la sélection naturelle jusqu'à aujourd'hui.

Nos expériences montrent que la pression sélective est faible, au point de ralentir, voire d'empêcher le processus de domestication. Pour que le processus de la domestication avance, il faut que les récoltes soient pratiquées loin des habitats de populations sauvages et avec un système agricole à grande échelle utilisant les techniques agricoles spécifiques.

Enfin, cette conclusion a été établie il y a plus quinze ans. Quel est l'état de la recherche actuellement ? Avec le recul, il est clair que nos expériences agricoles en Ardèche n'ont donné aucune preuve concernant la rapidité de la domestication. Par contre, elles ont ouvert la possibilité que les modèles développés dans des années 1980 et 1990 soient faux. Plus solides sont les résultats des analyses des restes de céréales et des plantes associées trouvées sur des nouveaux sites datant de la fin du Pléistocène et du début de l'Holocène au Proche-Orient. Ces

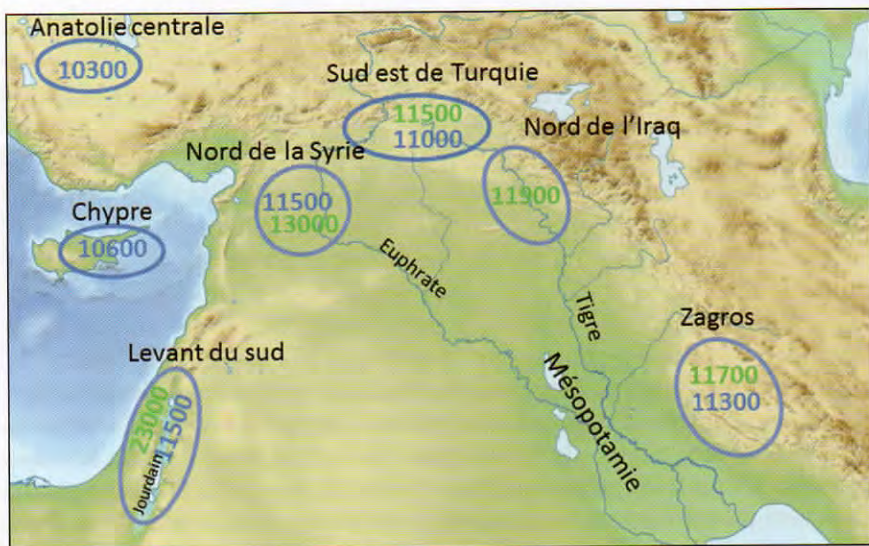


Fig. 8 : carte du Proche-Orient montrant les sept aires géographiques avec une concentration des sites de la fin de Pléistocène début de l'Holocène. Les chiffres sont les dates (avant le présent calibré) des plus anciennes céréales connues actuellement. En vert, les céréales sauvages, en bleu, céréales domestiques (modifié à partir de Willcox 2013).

résultats concordent avec nos conclusions. Premièrement, la date de l'apparition des formes domestiques, 10 500 avant le présent, n'a pas changé. Mais ce qui est nouveau, c'est qu'on sait maintenant que les types domestiques n'ont pas remplacé les types sauvages rapidement. Au contraire, les formes sauvages et domestiques se trouvaient côte à côte pendant bien plus d'un millénaire. Deuxièmement, les indices de la mise en culture des céréales sauvages sont de plus en plus anciens. À partir de 2007, le nombre de sites considérés comme sites des cultivateurs-chasseurs, datant d'entre 10 500 et 11 500 ans ne cessent pas d'augmenter (Willcox 2013 et fig. 8). Et récemment nos collègues israéliens ont proposé (Snir et al., 2015) qu'un site datant de 23 000 ans présente les signes de la culture du blé amidonnier, sans aucun signe de la domestication morphologiquement, bien sûr !

George WILLCOX\*

\* Directeur de Recherche Émérite, C.N.R.S.

## BIBLIOGRAPHIE

CAUVIN Jacques, *Naissance des divinités, naissance de l'agriculture*, C.N.R.S. Éditions, Paris, 1994, 304 p.

HILLMAN G., DAVIES S., « Measured Domestication Rates in Wild Wheats and Barley Under Primitive Cultivation and Their Archaeological Implications », *Journal of World Prehistory*, 4, 2, 1990, p. 157-219.

SNIR A., NADEL D., GROMAN-YAROSLAVSKI I., MELAMED Y., STERNBERG M., BAR-YOSEF O., « The Origin of Cultivation and Proto-Weeds, Long Before Neolithic Farming », *PLoS ONE*, 2015, 10 (7) [En ligne : <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0131422>].

WILLCOX George, « The Roots of Cultivation in Southwestern Asia », *Science*, vol. 341, n° 6141. 201, 2013, p. 39-40.

WILLCOX George, « Agrarian change and the beginnings of cultivation in the Near East », in Tim DENHAM and Peter WHITE (eds), *The emergence of agriculture : a global view*, Routledge, New York, 2007, p. 217-241.

WILLCOX George, « Archæobotanical significance of growing Near Eastern progenitors of domestic plants at Jalès (France) », in P. ANDERSON (éd.) *Préhistoire de l'agriculture : nouvelles approches expérimentales et ethnographiques*, éditions du C.N.R.S., Paris, Monographie du C.R.A., n° 6, 1992, p. 159-178.

ZOHARY D., « The mode of domestication of the founder crops of Southwest Asian Agriculture », in HARRIS, D. R. (ed.), *The Origins and Spread of Agriculture and pastoralism in Eurasia*, University College, London, 1992, p. 159-203.