

**Référent Recherche**

Raymond REAU
INRAE
raymond.reau@inrae.fr

Référent Acteur

Claire CROS
AT Ressource & Territoires, ex
Ch. d'agriculture Grand Est
c.cros@agro-transfert-rt.org

Laboratoires

- INRAE, UMR Aronomie
- INRAE, UMR AgrolImpact
- INRAE, UMR FARE

Partenaires

- Chambre d'agriculture du Grand Est
- Agroturf Ressources & Territoires
- Chambres départementales d'agriculture et Coopératives agricoles

Conception Systèmes de culture Transition Diagnostic des pertes d'azote Ateliers

- L'agriculture des terres de craie de Champagne s'est développée au prix d'une forte dépendance aux engrais azotés de synthèse, ce qui grève les bilans économique, énergétique et climatique agricoles, et contribue à la pollution des eaux et de l'air.
- Pour concevoir des systèmes de culture peu dépendants des engrais azotés de synthèse, Auto'N a réalisé des ateliers de conception mobilisant les agriculteurs et accompagné leur mise en œuvre dans 6 exploitations.
- 6 prototypes autonomes et prometteurs ont été construits. L'usage des engrais azotés en moyenne y étaient de 105 à 119 unités en 2018 pour 4 agriculteurs sur 6.
- 2 guides produits : l'un pour mener les ateliers de conception entre agriculteurs avec le RMT SCi, et l'autre pour le diagnostic des pertes d'azote avec le RMT F&E.

Problématique

- Très tôt, l'agriculture régionale a mobilisé des leviers agro-écologiques utiles pour réduire la fertilisation azotée : la luzerne et des produits résiduels organiques (vinasses, effluents des élevages hors-sol de la région et d'ailleurs). Pourtant, en France, la région reste la plus dépendante de la fertilisation de synthèse.
- Le raisonnement de la fertilisation azotée, ou la substitution des engrais de synthèse par des produits résiduels organiques ne semblent pas en mesure d'aboutir à une grande autonomie.
- En mobilisant les connaissances disponibles, peut-on imaginer et inventer des systèmes de culture autonomes en azote ? Y compris en associant directement des agriculteurs innovants ?
- Quels services cherchent à rendre les agriculteurs en utilisant de l'azote ? Quelles priorités entre ces services se donne chacun ? Peut-on résoudre la tension entre les services attendus de l'azote par les agriculteurs et cette contrainte sur les pratiques qu'est l'autonomie en azote ?
- Comment devenir autonome en azote ? Comment accompagner des agriculteurs innovants dans la construction de systèmes autonomes en azote ? Quels outils sont utiles à cette transition ?

Figure n°1. Tour de plaine Auto'N en 2017

Observer et apprendre pour penser et concevoir l'autonomie en azote

**Contribution à la transition des territoires ruraux et périurbains**

- Pour aboutir à une grande autonomie avec des apports moyens de moins de 100 unités d'azote par an, au moins trois voies se dessinent : i) les **agricultures biologiques**, ii) une **agriculture conventionnelle combinant légumineuses et autres cultures fertilisées de façon très économe** avec des formes, des dates et des modalités d'applications choisies pour un faible risque de volatilisation, et iii) une **agriculture conventionnelle misant sur un sol riche en matière organique** pour être autonome à terme grâce à une forte minéralisation de la matière organique du sol sans qu'elle engendre de fortes pertes de nitrate.
- Parmi ces trois voies, aucune ne fait l'unanimité pour des raisons qui tiennent du rôle symbolique de l'engrais à l'origine de la richesse de l'agriculture champenoise (au début du XXe siècle), de l'importance de l'engrais sous forme de solution azotée dans la région comme de la dérive du raisonnement de la fertilisation azotée raisonnée au cours des années 2000.
- Au service de l'innovation en terres de craie de Champagne, le projet Auto'N avait pour ambition d'inventer avec les agriculteurs des systèmes de culture autonomes en azote en mobilisant les méthodes de la conception innovante (Figure n°1), dans la perspective de contribuer au développement de l'usage de ces systèmes de culture par les agriculteurs, et au développement de ces méthodes par les conseillers.

Démarche

Le projet a fait le choix de construire des prototypes autonomes en azote avec des agriculteurs puis de les mettre à l'épreuve dans ces exploitations en les mettant au point « pas à pas » (Meynard et al., 2012). Ce processus résumé dans la figure n°2 a été réalisé avec une gestion adaptative dans une logique de résultat.

a. Ateliers de conception innovante de systèmes de cultures autonomes

Dans une première phase, il s'agit d'une activité de conception « de novo » (Meynard et al., 2012) réalisée en atelier de co-conception avec un collectif d'agriculteurs (Reau et al., 2018). Dans une deuxième phase, chaque agriculteur motivé choisit et planifie un système de culture inspiré des propositions de ses pairs,

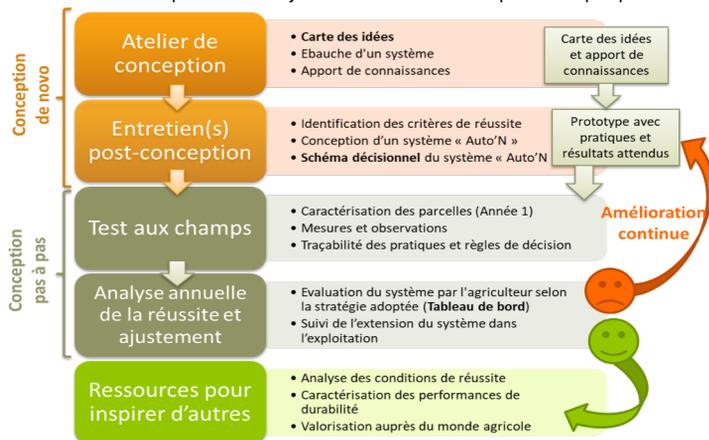


Figure n° 2. Démarche de conception utilisée

b. Conception pas à pas dans chaque exploitation

Puis chaque année, les résultats obtenus font l'objet d'une analyse approfondie avec l'agriculteur. Ce qui le conduit à changer sa façon de cultiver chaque fois que les résultats obtenus ne sont pas à la hauteur de ses attendus ; c'est la conception « pas à pas » pilotée via une gestion adaptative plus stratégique que tactique (Figure n°3).

c. Outillage de la transition à l'aide d'un tableau de bord

Cette deuxième phase de conception a déroulée en s'appuyant sur un tableau de bord. Il s'agissait d'étudier l'intérêt et les limites d'un tableau de bord dans l'accompagnement stratégique en agronomie du projet d'une exploitation.

Les terrains d'étude

Cette démarche a été développée avec 6 exploitations en terres de craie de Champagne réparties dans les départements des Ardennes (1), de la Marne (4) et de l'Aube (1), comme indiqué dans la figure n°4. Ces 6 exploitations sont dénommées ici A, B, C, D, E et F.

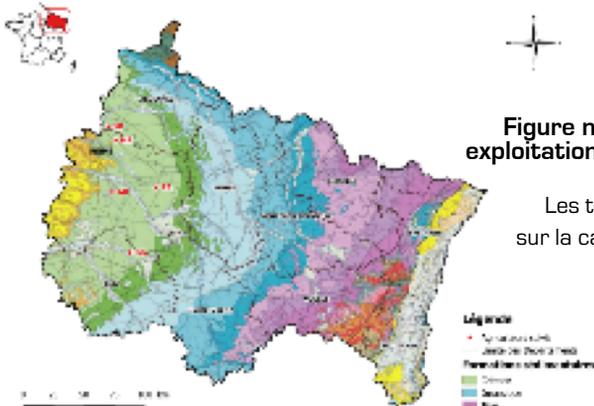
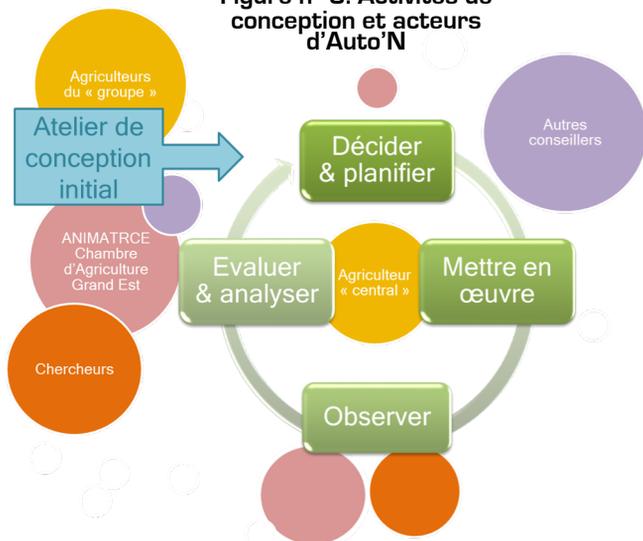


Figure n° 4. Répartition géographique des exploitations agricoles sur les terres de craie de Champagne

Les terres de craie figurent en vert clair sur la carte géologique de la région Grand Est

Figure n° 3. Activités de conception et acteurs d'Auto'N



Les 3 fonctions de l'azote

Un premier résultat a consisté à caractériser les fonctions de l'azote et sa contribution aux services écosystémiques rendus par les champs cultivés.

Les 6 agriculteurs sont tous préoccupés par la réussite de l'**alimentation azotée de leurs cultures**, et au-delà par le volume et la qualité de leurs productions. Deux autres services sont attendus par certains : la **maîtrise des pertes d'azote** dans l'air (ammoniac volatilisé) comme dans l'eau (nitrate lixivié) pour éviter la pollution par l'azote d'une part, et la **contribution au stockage du carbone** (et d'azote) dans le sol pour atténuer le changement climatique, d'autre part.

L'analyse des priorités entre ces 3 services a permis de définir les objectifs de résultats attendus et de proposer une cible de conception pour chaque atelier (Figure n°5).



Figure n° 5. Hiérarchie des 3 fonctions de l'azote

Cas de l'agriculteur « B »

Conception en atelier d'agriculteurs

Invention de 6 systèmes de culture

A l'issue des ateliers de conception, l'invention de **prototypes de systèmes de culture autonomes et prometteurs en matière de services rendus** est un deuxième résultat du projet. Des modèles d'agriculture variés ont été explorés par ces agriculteurs : de l'agriculture biologique, à l'agriculture conventionnelle de conservation des sols, en passant par la polyculture-élevage et/ou l'agriculture de méthanisation.

Des pratiques clés diversifiées et des stratégies variées

Le tableau n°1 résume les caractéristiques des façons de cultiver que chaque agriculteur a choisi à l'issue de l'atelier de conception qui lui avait été consacré [Guillier *et al.*, 2020].

Ces résultats révèlent une grande diversité dans la façon d'explorer l'autonomie en azote : soit travailler à l'**efficience** des apports d'engrais, soit **substituer** l'engrais azoté de synthèse par de l'engrais organique ou encore par la fixation symbiotique, ou encore **re-concevoir** plus globalement la façon de cultiver (agriculture biologique) voire le système de production (élevage ou digesteur pour être autonome en engrais organique et pas seulement en azote de synthèse).

Tableau n° 1. Principales pratiques clés de chaque exploitation agricole

En italique : pratique réadaptée en 2018, différente de celle initialement prévue en 2016

Exploitations	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)
Cultures à faibles besoins en N à absorber	Tournesol, Céréales à faibles besoins		Blé fourrager, Orge de printemps et hiver	Orge de printemps	Orge de printemps	Tournesol
Légumineuses (% rotation)	Luzerne, associations céréale-lég. (33,5%)	Pois d'hiver (la première année seulement)	Pois, féverole et trèfle violet porte-graine (20%)	Luzerne (20%)	Luzerne (14%)	Lentilles, luzerne (17%)
Couvert d'interculture restitué (% rotation)	56 %	76 % Couvert de trèfle sous colza (12,5%)	50% (maintien des repousses de légumineuses)	40%	43 %	40 %
Apport de produits résiduels organiques	Fumier pailleux 1an/6, Fientes 3ans/4	Vinasses tous les 2-3 ans	Digestat tous les ans	Vinasses ou boues tous les 3 ans	Fumier composté tous les 4 ans	Fumier pailleux tous les 6 ans
Raisonnement des apports		Pilotage, Forme, Blé : 5 apports	Enfouissement du digestat	Forme, AppiN (blé)	Forme, Soufre, AppiN (blé)	Pesée, Pilotage 2 ^{ème} et 3 ^{ème} apport

Conception pas à pas personnalisée et outillée

Chaque prototype a ensuite été mis en œuvre dans l'exploitation correspondante, avec un double accompagnement. Un **accompagnement tactique** par le conseiller pour l'apprentissage des pratiques nouvelles ou pour leur adaptation, et un **accompagnement stratégique** en agronomie par la chargée de mission du projet Auto'N.

En 2016, la conception a débuté avec l'idée de stimuler la gestion dynamique de la façon de cultiver en s'appuyant sur un tableau de bord complètement spécifique à chaque agriculteur. Devant les difficultés rencontrées pour construire sa structure à partir d'un schéma décisionnel résumant la logique d'action de l'agriculteur, nous sommes repartis en 2018 sur un **tableau de bord** avec une structure générique, dont le paramétrage est spécifique du projet de l'exploitation. L'analyse des résultats obtenus s'est concentré sur l'indice de nutrition azoté (AppiN) et le reliquat d'entrée d'hiver.

L'accompagnement stratégique de la conception pas à pas avec un tableau de bord a été réalisé régulièrement chaque année. Il semble adapté aux fonctions inscrites dans des pas de temps courts ou ronds (alimentation azotée, pertes de nitrates) ; il reste à travailler pour le service de stockage de carbone, au pas de temps beaucoup plus long.

Autonomies en azote obtenues

En 2018, la moitié des agriculteurs n'atteignaient pas encore le niveau d'autonomie affiché au départ.

Les niveaux d'autonomie en engrais de synthèse atteints en 2018 vont de 105 à 119 unités pour 4 d'entre eux, Ils sont proches de 0 pour les 2 autres. Ces 2 agriculteurs sont parvenus à être complètement ou presque indépendants de l'engrais azotée de synthèse. Ils y sont arrivés en ayant plus de 20% de légumineuses dans leur assolement et en apportant au moins 40 unités de matières organiques exogènes : l'agriculteur A est en agriculture biologique, et l'agriculteur C est équipé d'un méthaniseur lui permettant de substituer l'engrais de synthèse par du digestat appliqué à raison de 124 unités par hectare.

Tableau n° 2. Autonomie en azote minéral de synthèse des 6 agriculteurs en 2018

Suivant les légumineuses et les apports organiques

Apports d'effluents organiques (Moyenne/kg/ha/an)	> 80			(C) 12 u (avec digestat 136 u)
	60-80			
	40-60	(E) 105 u	(F) 119 u	(A) 0 u
	< 40	(B) 106 u	(D) 112 u	
Unité d'azote :	10 à 15 %	15 à 20%	Plus 20%	
u = kg N de synthèse/ha/an	Part des légumineuses de production dans l'assolement			

Conclusion

Réussir à avoir une grande autonomie en azote en terres de craie de Champagne, suppose une certaine capacité des agriculteurs et de leurs conseillers à re-concevoir leur gestion du cycle de l'azote dans l'exploitation.

Pour y contribuer, le projet PSDR Auto'N a contribué à mettre au point des méthodes pour réaliser des ateliers de conception avec les agriculteurs, comme les accompagner dans la transition. Des indicateurs observables en exploitation sont aujourd'hui disponibles pour éclairer la maîtrise de l'alimentation azotée, ou des pertes d'azote dans l'eau ou dans l'air. Pour contribuer à un diagnostic global des résultats obtenus utiles pour outiller la conception pas à pas, ils ont besoin d'être organisés dans des tableaux de bord. Dans Auto'N, face au coût pour établir ce tableau de bord, il a fallu renoncer un outil spécifique à chaque exploitation pour passer à un tableau de bord plus générique. Cet outil et cette démarche méritent d'être approfondis.

La diffusion de techniques ou de ces systèmes de culture autonomes en azote éprouvés ici ne suffiront pas à réussir à obtenir une grande autonomie régionale. D'ailleurs un tel défi, peut-il être relevé sans un projet de territoire ambitieux et dynamique mobilisant les acteurs de l'alimentation et de l'agriculture, et ne reposant pas uniquement sur les agriculteurs et leurs conseillers ?

Pour aller plus loin...

- Meynard J-M, Dedieu B. et Bos A.P., 2012. Re-design and co-design of farming systems. An overview of methods and practices, In : Farming Systems Research into the 21st century: The new dynamic. Springer, pp 407-432.
- Reau R., Cerf M., Cros C. *et al.*, 2018. Ateliers de conception de systèmes de culture. Guide pour leur réalisation avec des agriculteurs. RMT SCi, IDEAS, 35 p.
- Guillier, Maeva, Cros C., Reau R., 2020. AUTO'N. Améliorer l'autonomie azotée des systèmes de culture en Champagne crayeuse. *Innovations Agronomiques* 79, 193-212. [dx.doi.org/10.15454/6f](https://doi.org/10.15454/6f)

Plus d'informations sur le programme PSDR et le projet :

www.psd.fr

Pour citer ce document :

REAU, Raymond *et al.* (2020). *Améliorer l'autonomie azotée des systèmes de production en terres de craie de Champagne-Ardenne et Picardie*.

Projet PSDR AUTO'N,
Grand-Est,
Série Les 4 pages PSDR4

Contacts :

PSDR Grand-Est :

Erwin DREYER (INRAE)
erwin.dreyer@inrae.fr

Direction Nationale PSDR :

André TORRE (INRAE)
torre@agroparistech.fr

Animation Nationale PSDR :

Frédéric WALLET (INRAE)
frederic.wallet@agroparistech.fr