

Status quo of adoption of precision agriculture enabling technologies in Swiss plant production

Statu quo de l'adoption de technologies permettant une agriculture de précision en productions végétales, en Suisse.

Résumé

Lieu : Suisse

Date : Mai 2020

Structures : Agroscope,
Institute of Agricultural
Sciences, ETH Zurich

Lien :

<https://link.springer.com/article/10.1007/s11119-020-09723-5>

Contexte de l'étude : De nombreuses études sur l'adoption de l'agriculture de précision ont été réalisées, en général basées sur des échantillonnages limités et sans forcément préciser les technologies considérées. Cela **ne permet pas une comparaison robuste des taux d'adoption entre pays**. Des grandes tendances peuvent quand même émerger et il est intéressant de voir comment la **Suisse se positionne en terme d'agriculture de précision**. L'agriculture Suisse est caractérisée par de petites exploitations (en comparaison avec d'autres pays tels que les US, l'Allemagne ou la France) avec des caractéristiques topographiques assez fortes, et des types de productions variés.

Objectif de l'étude :

- Connaître quelles sont les **technologies** sont déjà adoptées par les agriculteurs et s'il y a des **spécificités selon les technologies et les types de productions** (arables, légumières, fourragères, vignes et fruitiers).
- Savoir quelles sont les **caractéristiques** des exploitations et agriculteurs qui sont associées à l'adoption d'outils de l'AP

Méthodologie : une enquête a été menée entre janvier et mars 2018

a) échantillonnage à partir d'une **enquête** annuelle nationale et envoi de 4954 questionnaires (10% des exploitations Suisses)

b) analyse des résultats en distinguant les adoptants d'au moins un outil de l'agriculture de précision : soit **un système d'aide à la conduite** (Driver assistance System **DAS**), soit un **système de mesure électronique** (Electronic Measuring System **EMS**).

c) analyse des résultats en étudiant la corrélation entre l'adoption et les caractéristiques de l'exploitation et de l'agriculteur.

Principaux résultats

- Le taux d'adoption des **DAS** est nettement plus élevé que celui des **EMS** :
 - o Les outils utilisés sont ceux permettant d'améliorer le confort de travail (aide au guidage, contrôles de vitesse et de recul, etc).
 - o Les outils permettant d'évaluer les performances de cultures ou la gestion sont encore très peu utilisés, malgré un fort potentiel.
- L'adoption est très faible dans les zones de montagne
- L'adoption est plus importante pour les grandes exploitations
- Le taux d'adoption est plus élevé dans les exploitations de **légumes** à haute valeur ajoutée, et très faible chez les viticulteurs.

Quelques éléments d'introduction intéressants

Cet article présente un certain nombre de résultats issus d'études réalisées à l'international sur l'adoption de l'AP.

Typologie des outils de l'agriculture de précision utilisée

- **DAS – systèmes d'aide à la conduite**

Il s'agit des **outils d'aide à la conduite pour faciliter le travail de l'agriculteur** (confort physique, gain de temps, économies). Ces technologies sont mentionnées comme étant des technologies de transition, qui ne nécessitent pas forcément de formation particulière, et souvent basées sur de la géolocalisation mais pas systématiquement. Cela comprend des contrôleurs de vitesse, caméras de recul, aide au guidage, guidage automatique, etc.

- **EMS – systèmes de mesure**

Cette catégorie d'outils combine l'usage de la géolocalisation et de différents capteurs (sol ou plante) avec un lecture et application en temps réel.

Quelques chiffres sur l'adoption de l'agriculture de précision à l'international

- **Allemagne** (pas de distinction selon les technologies)
 - 2006 : taux d'adoption de **11%** (Reichardt and Jürgens , 2009)
 - 2014 : taux d'adoption de **30%** (Paustian and Theuvsen , 2017). Il ne s'agissait pas d'échantillonnage aléatoire et les technologies étudiées n'ont pas été spécifiées.
 - 2018 : taux d'adoption de **19%** d'adoption. L'étude se focalise notamment sur le guidage GNSS et l'autoguidage (parallèle avec l'étude sur les DAS de cette étude) (Tamirat et al.2018)
- Comparaison entre différents pays Européens (Barnes et al. 2019)

Pays	Machine Guidance (parallèle possible avec les DAS de cette étude)	Variable rate nitrogen technologies – modulation (parallèle possible avec les EMS de cette étude)
Belgique	21%	2%
Grèce	36%	14%
Angleterre	30%	47%
Allemagne	34%	26%
Pays-bas	48%	24%

- **US**

~**40%** des agriculteurs sont équipés en **capteurs de rendement**, Nevada et Alabama (Winstead et al, 2010)

Quelques facteurs influents sur l'adoption de l'AP dans la littérature

- L'âge de l'agriculteur : selon les études, l'âge n'a pas toujours une influence sur l'adoption des PATs.
- **La région**
- L'activité partielle ou non sur l'exploitation
- **La taille de l'exploitation** : l'adoption est en générale corrélée aux exploitation de grande taille
- En élevage, le nombre d'animaux
- Le type d'agriculture : biologique ou conventionnel
- **La spécialisation de la culture**

Éléments de contexte Suisse

- **Surface moyenne des exploitations assez petite** : environ 20,5ha (environ la moitié de la taille moyenne des exploitations en France et en Allemagne)
- La tendance est à l'augmentation des grandes exploitations : de plus en plus font plus de 30ha
- Il y a un **fort degré de mécanisation** : en moyenne 2,7 tracteurs par exploitation
- Des bassins agricoles très différenciés : plaine, montagne, collines, ainsi que 7 grandes régions.

Cet article présente l'état d'application de la technologie de l'AP dans les exploitations agricoles suisses comme un exemple pour l'agriculture d'Europe centrale à **petite échelle** et **hautement mécanisée**.

Méthodologie suivie

Méthodologie

17 questionnaires différents ont été réalisés pour adresser les différents types de production, couvrant à la fois l'élevage et la production végétale.

Un **plan d'échantillonnage** a été réalisé à partir de l'enquête annuelle de la FFS (Swiss Farm Structure Survey) de 2016. 4954 questionnaires ont été envoyés par voie postale (couvrant 20% des exploitations Suisses) entre janvier et mars 2018. Il y a eu 2657 réponses, soit un **taux de réponse de 53,6%**.

Cette article est centré sur l'adoption des PAT pour la production végétale, il s'appuie sur ceux qui contenaient les deux questions (choix multiples) :

- Utilisez-vous l'un de ces outils d'assistance à la conduite (DAS)?
- Dans la ou lesquelles des activités suivantes utilisez-vous des systèmes de mesure électronique (EMS) ?

Au final, ce sont 827 questionnaires (soit **5% des exploitations Suisses**) qui ont été utilisés pour les analyses, sur 6 types de cultures différentes : cultures arables, cultures fourragères, légumes, raisin, fruits et fraises.

Caractérisation de l'échantillon

Les variables caractérisant les exploitations sont : l'âge de l'opérateur, nombre d'animaux, le genre et le système de production (conventionnel/biologique) et la part de temps passé sur l'exploitation (partiel ou plein temps). La zone, la région la taille de l'exploitation sont aussi considérées en plusieurs catégories : 1 (moins de 3ha), 3 (moins de 5ha), 5 (moins de 10ha), 10 moins de 20ha, 20 moins de 30ha, 30 moins de 50ha, 50ha et plus.

Répondants adoptants

Les répondants considérés comme adoptant ont sélectionné au moins un outil des questions concernant les DAS ou les EMS. La répartition selon les caractéristiques est dans le tableau des figures en fin de document.

Il y a significativement plus d'adoptants chez :

- Les grandes exploitations ou avec beaucoup d'animaux
- Les **cultures arables** et **légumières**
- Les exploitations spécialisées en horticultures
- Les exploitations en vallée.

Il y a significativement moins d'adoptant chez

- Les exploitations en zone de montagne
- Les cultures fourragères
- Les productions permanentes ou élevages de ruminants

Principaux résultats

Technologies utilisées

- **Plus de DAS que d'EMS** : en moyenne, 37% des répondants utilisent au moins un outil DAS et 17% de EMS.
- Les productions de **légumes** sont les seules où il y a plus d'adoptants de DAS (67%) que de non-adoptants.
- Le niveau d'adoption est **faible en viticultures et cultures fourragères**.
- Pour les EMS, ce sont les cultures arables (34%) et légumières (31%) où il y a le plus d'adoptants.

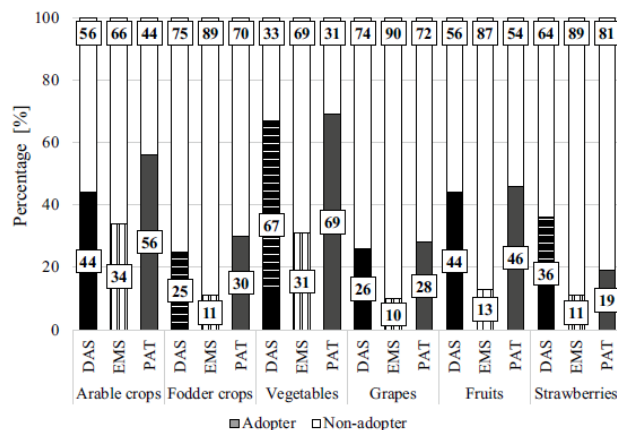


Fig. 1 Percentage of adopters and non-adopters for DAS, EMS and PAT (adoption of at least one DAS or EMS technology) for different agricultural enterprises

Concernant les outils utilisés

Les principaux résultats sont dans le tableau en fin de document, dont voici un résumé. Les données sont en % de répondants.

- Régulateur de vitesse : surtout pour les cultures de légumes (45%), suivi des cultures arables (23%) et fruits (27%), les autres un peu
- **Guidage automatique : légumes (33%),** cultures arables et fruits (16%)
- Caméras de recul : légumes (32%), cultures arables (24%), les autres quasiment pas.
- Collecte de données automatiques : assez peu en général
- Transfert de données : un peu les légumes, mais globalement assez peu
- **Tout ce qui est lié à l'aide au guidage : légumes (> 25%),** un peu les cultures arables (11%)

Concernant des outils plus liés à l'agriculture de précision « classique »

- **Pilotage nutrition azotée :** équivalent cultures arables, légumes, fraises (9%)
- **Irrigation :** légumes et fraises (9%), un peu les fruits, pas du tout les cultures arables
- **Enregistrement du rendement : grandes cultures uniquement, mais assez peu (5%)**
- Détection des **adventices** : seulement un peu en légumes (6%)
- **Binage** de précision : seulement en légumes (12%), 1% en cultures arables.
- **Détection de l'humidité de la récolte : usage le plus fréquent.** Seulement en cultures arables et fourrages (20%et 6%), ce qui est assez cohérent avec des éléments vus en France lors de l'étude sur les usages des capteurs de rendement.

Profils des agriculteurs utilisant des technologies

Des caractéristiques qui n'ont pas d'impact sur l'adoption des PAT

- Le nombre d'animaux, l'âge, le genre, le système de production ou le plein temps/temps partiel

Des caractéristiques qui ont un impact négatif sur l'adoption

- En zone de montagnes, les agriculteurs utilisent moins les PAT
- Les petites exploitations de 1 à moins de 3ha
- Les producteurs de raisin. D'une manière générale, il y a une faible corrélation négative entre le système de production en cultures permanentes (dont la viticulture) et l'adoption des PAT.

Des caractéristiques qui ont un impact positif sur l'adoption

- Les **grandes exploitations** (plus de 30ha) adoptent plus probablement des PAT
- Les **cultures arables**
- Une forte corrélation positive a été observée pour les productions de **fraises** avec l'adoption des **EMS**.

Discussion

Complexité de la comparaison entre plusieurs pays

- Echantillonnage : pas toujours aléatoire, et parfois très peu de réponses.
- Diversité des technologies étudiées : elles ne sont pas toujours précisées, ou au contraire très spécifiques.

Pistes expliquant le faible taux d'adoption en Europe

- La taille des exploitations, assez petites. Toutefois la notion de grande ou de petites exploitations varie selon les pays.
- Des coûts d'acquisition élevés
- L'âge n'est pas corrélé à l'adoption, d'après cette étude.
- Rm : l'article souligne qu'il aurait été intéressant d'étudier les facteurs d'adoption en Suisse.

Les exploitations légumières

Dans cette étude, **67% des exploitations légumières étudiées ont déjà adopté une technologie DAS**. Ces exploitations représentent environ 14% de la production agricole Suisse, mais elle ne couvre **que 1% de la surface agricole** du pays. Quelques raisons :

- Productions à **haute valeur ajoutée** favorisent l'**investissement** nouvelles technologie
- Les bénéfices des DAS ou EMS sont plus significatifs pour des cultures à haut retour sur investissement, surtout pour des parcelles de légumes souvent plus petites, dans lesquelles les **plantes n'ont pas toutes la même maturité** (des cultures moins homogènes que les grandes cultures pour la récolte, par exemple). Donc les technologies DAS ou EMS sont plus souvent utilisées qu'en grandes cultures, pour lesquelles toute la parcelle est cultivée de manière homogène.
- Pour ces cultures à haute valeur ajoutée, les **erreurs** dues à la conduite ou au pilotage ont des **impacts économiques plus importants**, liées à un effet direct
- Pour les légumiers qui ont aussi des serres, pour la production de produits à haute valeur ajoutée, ils sont aussi **plus expérimentés** en contrôle de l'humidité, la fertilisation ou la température. Ils peuvent alors avoir **plus d'affinité avec les technologies**.

En comparaison, les cultures fourragères représentent 23% de la surface agricole totale mais la valeur produite représente presque 10% de la totale production Suisse. Toutefois, ce dernier système de production montre le taux d'adoption en DAS le plus bas. En plus des explications listées ci-dessus, les cultures fourragères sont souvent en zones de montagnes, où il n'y pas vraiment de productions alternatives.

Concernant la viticulture, l'adoption des PAT est plus faible. Une explication est la culture sur de **fortes pentes** avec moins de possibilités de mécanisation. L'utilisation d'UAVs comme les drones pourrait alors être utile. D'ailleurs la Suisse est le premier pays Européen qui autorise l'usage de drones pour l'application de pesticides.

L'adoption des DAS est plus élevée que celle des EMS

Quelques explications possibles : les technologies DAS sont plus des **technologies de transition**, et **faciles à mettre en œuvre**. D'autres études ont fait le même constat. (US, Miller et al 2019, et Schimmelpfenning 2016). Les technologies DAS sont bien établies et font généralement partie de l'**équipement de base des nouvelles machines**. Elles sont plus faciles à appréhender par les agriculteurs.

L'applications des **EMS est plus complexe**, avec des échanges de données et des outils spécifiques nécessaires. Il y a en plus des problèmes de **connexion entre outils et machines et d'interopérabilité**. Autres exemple, l'adoption des applications basées sur GNSS (comme mesures de surface ou cartographie du sol) sont plus élevées que la modulation intra-parcellaire. Dans le premier cas, il s'agit juste d'une connexion avec 1 seul capteur, dans le second une combinaison de capteurs avec la machine et un logiciel de gestion.

Capteurs de rendement

Aux US, les capteurs de rendement sont les outils les plus fréquemment utilisés : 40% des agriculteurs d'Alabama et de Floride, avec ou sans GPS. (Winstead et al 2010). L'adoption des capteurs de rendement est majoritaire dans les grandes exploitations. Mais ces données ne sont pas forcément représentatives. En comparaison, seulement **2% des agriculteurs suisses utilisent des EMS pour l'enregistrement du rendement**. Ce peut être lié à la taille des exploitations.

Téledétection etc.

Elle est mentionnée comme se développant rapidement, pour la modulation ou le pilotage de précision, sans capteurs sur le tracteur. Peu de précisions sont apportées dans l'article.

Les outils de collecte de données automatique ou de transfert de données sont peu utilisés. Les technologies semblent donc encore utilisées pour réduire l'effort physique, mais pas encore pour évaluer la performance des cultures et le pilotage des cultures, la prise de décision. Il s'agit pourtant d'un enjeu important de l'agriculture numérique : l'article mentionne un potentiel mais plutôt dans le futur.

Quelques pistes pour promouvoir l'agriculture numérique

- La nécessité de prendre en compte le système de culture et la localisation, sinon ce seront les agriculteurs utilisant déjà le numérique qui seront touchés (légumes et Vallée).
- Introduction du numérique ou des technologies de partages, et introduction du drone pour gérer les terrains difficiles, faciliter l'application aux champs, identifier les nuisibles, etc. Ces aspects sont importants en **viticulture**. 3 compagnies proposent des applications de pesticides par UAVs.

- L'exemple de la France est cité : les agriculteurs sont obligés de tracer et justifier leurs apports en fertilisation azotée, et les cartographies (VRA maps) basées sur satellite peuvent servir de justification. En particulier, l'outil Farmstar est mentionné, avec 18000 agriculteurs en 2016.

Biais

- Toutes les technologies ne sont pas étudiées : applications smartphones, drones
- Il est possible que les agriculteurs **ne sachent pas exactement quelles technologies sont utilisées sur leurs champs** (sous-traitance, employés...)
- Il manque l'évaluation personnelle de l'agriculteur sur la raison pour laquelle il utilise les technologies.

Conclusion

Cette étude représentative montre qu'en Suisse, le taux d'adoption des PAT est très hétérogène selon les types de cultures. En générale, les exploitations légumières ou arables ont un taux d'adoption élevé. Il est plus faible pour les fourrages ou la vigne.

Les technologies de type DAS sont plus utilisées que les technologies de type EMS.

Les technologies sont donc plutôt utilisées pour réduire l'effort physique des tâches agricoles que pour le pilotage des cultures ou aide à la décision. La taille de l'exploitation a un impact sur l'adoption des DAS, EMS et PAT.

Pour de futures études, ces résultats peuvent être utilisés en incluant les attentes des agriculteurs sur l'AP. Le lien avec les politiques agricoles telles que les politiques de conservation ou les subventions à l'adoption des PA pourraient être des questions de recherche.

Avis général

Etude intéressante pour plusieurs raisons :

- Reprise de plusieurs chiffres d'adoption, en Europe (Allemagne surtout) et US, avec une bibliographie riche, ce qui permet de mettre en perspective les chiffres de l'étude et déjà obtenus avec l'Observatoire
- Elle est critique sur la possibilité de faire des comparaisons entre pays, ce qui permet de prendre du recul sur les études déjà conduites ou futures
- La distinction entre les technologies DAS ou EMS est intéressante. Elle n'est pas abordée telle quelle dans les études de l'Observatoire mais cela permet tout de même d'avoir des éléments de comparaison (guidage, capteurs de rendement en grandes cultures et cultures fourragères). Certains résultats corroborent des constats de l'Observatoire.
- La distinction par filière et notamment l'accent porté sur les cultures légumières est intéressant, ainsi que les facteurs d'explication.
- Le contexte Suisse semble particulier mais des points communs peuvent être faits sur certaines exploitations françaises : petites exploitations, zones de montagnes, viticulture, etc.

Figures à retenir

Les tableaux suivant présentent les chiffres utilisés ci-dessous. Ils ont été traduits.

1 CARACTERISATION DES EXPLOITATIONS ADOPTANT OU NON DES PATS

	Adoptants	Non adoptants	Significativité
Nombre	346	481	
Âge	48,9	49,8	Ns
Genre	0,02	0,05	Ns
Système de production	0,09	0,13	Ns
Temps partiel ou plein temps	0,97	0,95	Ns
Nombre d'animaux	28,9	22,1	**
Zone			
Vallée	0,84	0,67	***
Collines	0,08	0,10	Ns
Montagnes	0,08	0,24	***
Surface			(autres : ns)
Très petites (<3ha)	0	0,02	*
Entre 10 et 20 ha	0,15	0,32	***
Entre 20 et 30ha	0,20	0,28	**
Plus de 50ha	0,36	0,10	***
Région	Centrale : 0.06	0.11	**
Type de cultures			
Arables	0,24	0.14	***
Fourragères	0.20	0.35	***
Légumes	0.20	0.06	***
Vignes	0.14	0.25	***
Fruits	0.14	0.12	Ns
Fraises	0.08	0.09	Ns
Spécialisés en grandes cultures	0.10	0.07	Ns
Spécialisés en horticulture	0.16	0.04	***
Spécialisés en cultures permanentes	0.25	0.32	*
Spécialisés en élevage ruminants	0.17	0.35	***
Spécialisés en granivores ou cultures mixtes	0.05 à 0.10	0.04 à 0.11	Ns

2 DISTINCTION D'USAGE SELON LES TECHNOLOGIES DAS OU EMS

	Cultures arables	Fourrages	Légumes	Raisin	Fruits	Fraises	Total
1. Utilisez-vous l'un de ces systèmes d'assistance à la conduite ?							
Nombre de réponses	148	235	97	166	105	69	820
Aucun	56	75	33	74	56	64	63
Régulateur de vitesse	23	14	45	22	27	19	23
Guidage automatique	16	1	33	3	16	7	10
Caméra	24	8	32	5	4	9	13

Collecte de données automatique	3	2	6	3	2	3	3
Transfert de fichiers de données	1	2	12	1	3	1	3
Barre de guidage	6	0	18	1	8	6	7
Headland management	11	6	26			6	11
Guidage parallèle	11	6	28			9	11
Enregistrement des coutures de tronçons ?	2	1	1				1
Autres	1	1	4	2	3	1	2
2. Pour laquelle de ces applications utilisez-vous un système de mesure électronique							
Nombre de réponses	140	231	93	165	102	65	820
Aucun	66	89	69	90	87	89	83
Apport d'intrants	9	4	9	3	4	9	6
Irrigation	1	0	9	1	8	9	3
Enregistrement du rendement	5	2	2	1	1	2	2
Détection des adventices	0	0	6			0	1
Précision hoing	1		12			0	4
Mesure de l'humidité de la récolte	20	6					12
Autres	1	2	2	5	3	2	3

REDACTION

 Nina Lachia, Observatoire des usages de l'agriculture numérique nina.lachia@supagro.fr