

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université **IBN KHALDOUN** -Tiaret-

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Nutrition et Technologie Agro-Alimentaire



MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En Vue De L'obtention Du Diplôme de Master Académique

Filière : Science Agronomique

Spécialité : Science du sol

Thème :

**Adaptation de l'agriculture
de précision au contexte Algérien**

Présenté et soutenu par : Mlle Benmokhtar Sabrina

Membres de jury :

Président : Pr OULBACHIR Karima

Faculté SNV Tiaret

Encadrant : Pr DELLAL Abdelkader

Faculté SNV Tiaret

Examineur : Dr ZOUBEIDI Malika

Faculté SNV Tiaret

Année universitaire. 2019 - 2020

Remerciement

Avant tout, je remercie le bon Dieu qui a illuminé mon chemin et qui m'a donné la force, ainsi que la bonne volonté pour achever le cursus universitaire et ce modeste travail.

Je tiens à remercier chaleureusement, mon promoteur **Mr. Dellal Aek** pour son encadrement, sa précieuse aide, son appui et ses conseils.

J'ai eu le grand plaisir de travailler sous votre direction, votre compétence professionnelle incontestable ainsi que vos qualités humaines vous valent l'admiration et le respect de tous.

Veillez, chers Maitre, trouvez dans ce modeste travail l'expression de mon haute considération, de ma sincère reconnaissance et de mon profond respect.

Mon respect aux membres de jury qui me feront l'honneur d'examiner mon travail, je les remercie vivement.

Enfin je remercie tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

- *A mes parents **Mohamed** et **Samira** que dieu leurs procure bonne santé et longue vie.*

- *A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur ; **Maman Samira** que j'aime.*

- *A mon petit frère adoré : **Moussa**.*

- *A mes grands-parents ; **Sahraoui** et **Messaouda** que Dieu les garde.*

- *A toutes mes tantes que j'aime.*

- *A mes cousins et cousines.*

- *A mes chers amis de toujours ; **Aziza**, **Abima**, **Chaimaa**, **Asma** et mon très chère ami **Ghano**.*

- *A tous les membres de ma promotion « **Science du sol** ».*

- *A tous mes enseignants depuis mes premières années d'études, spécialement ; **Mme Bouchenafa** et **Mme Oulbachir**.*

Benmokhtar Sabrine

Sommaire

Remerciement

Dédicaces

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Introduction générale.....01

Chapitre 01 : GENERALITES SUR LE SOL

I. Généralités sur le sol.....03

I.1 Les propriétés physico-chimiques.....03

I.1.1 La texture.....03

I.1.1.1 Sol sableux.....03

I.1.1.2 Sol limoneux.....04

I.1.1.3 Sol argileux.....04

- Etude granulométrique.....04

I.1.2 La structure.....05

I.1.2.1 Détermination et types.....05

I.1.3 La porosité.....07

-Macroporosité.....07

-Mésoporosité.....07

-Microporosité.....07

I.1.4 Le régime hydrique.....07

I.1.5 La température.....	07
I.1.5.1 L'énergie solaire.....	08
I.1.6 Le pH du sol.....	09
I.1.7 Les échanges ionique du sol.....	09
I.1.8 La capacité d'échange cationique.....	11
I.2. La faune du sol.....	11
I.1.1 La microfaune.....	11
I.1.2 La méso-faune.....	11
I.1.3 La macrofaune.....	11
Chapitre 02 : GENERALITES SUR L'AGRICULTURE	
II. Généralités sur l'agriculture.....	14
II.1. Agriculture générale.....	14
II.2. Les bases de l'agriculture.....	15
II.2.1 Diversité des productions agricoles.....	15
II.2.1.1 productions agricoles primaires.....	15
II.2.1.2 productions agricoles secondaires.....	15
II.2.1.3 productions agricoles tertiaires.....	15
II.2.2 L'exploitation agricole.....	16
II.2.2.1 Caractéristiques d'une exploitation agricole.....	16
II.2.2.2 Les objectifs de l'exploitation agricole.....	16
II.2.2.3 Facteurs de la production agricole.....	17
II.2.2.3.1 Facteurs naturels.....	17

II.2.2.3.2 Capital foncier.....	17
II.2.2.3.3 Capital d'exploitation.....	17
II.2.2.3.4 Main d'œuvre.....	18
II.2.3 Environnement de l'exploitation.....	18
II.2.4 Système de production.....	19
II.2.5 Les terres agricoles.....	20
II.2.6 Le travail du sol.....	20
II.2.6.1 Préparation physique du sol.....	21
II.2.6.1.1 Labour.....	21
II.2.6.1.2 Hersage.....	21
II.2.6.1.3 Roulages.....	22
II.3 L'agriculture moderne et ses pratiques.....	22
 Chapitre 03 : L'AGRICULTURE DE PRECISION	
III.1 Introduction.....	25
III.2 L'agriculture de précision.....	27
III.3 Le concept de l'agriculture de précision.....	28
III.4 La question des données et des bases de connaissances.....	30
III.4.1 Les systèmes d'Information Géographiques (SIG).....	30
III.4.2 Les méta-bases de données.....	33
III.4.3 Le flux de l'information.....	34

III.5 Le satellite Landsat.....	36
III.5.1 Rôle.....	37
Conclusion et perspective.....	39

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

RESUME

Liste des tableaux

<i>Tableau N°01</i> : Classification des textures.....	04
<i>Tableau N°02</i> : Echelle granulométrique de la texture du sol.....	04
<i>Tableau N°03</i> : Environnement de l'exploitation agricole.....	18

Liste des figures

Figure N°01 : Triangle de la texture.....	03
Figure N°02 : Structure du sol.....	06
Figure N°03 : Les étapes de la transformation de l'énergie solaire...	08
Figure N°04 : Le complexe argilo-humique, plaque tournante du fonctionnement du sol.....	10
Figure N°05 : Agriculture de précision.....	26
Figure N°06 : Changement de paradigme en Agriculture.....	27
Figure N°07 : Le principe de l'agriculture de précision.....	29
Figure N°08 : Système d'Imagerie Géographique.....	31
Figure N°09 : Cartographies illustrant quelques exemples de la variabilité intra-parcellaire.....	32
Figure N°10 : Intégration de l'agriculture de précision dans un système de gestion globale de l'information au sein d'une exploitation agricole (flux de l'information).....	35

Liste des abréviations

C.E.C : Capacité d'échange cationique.

ISO : Organisation Internationale de Normalisation.

M.O : Matière organique.

M.O.F : Matière organique fraîche.

pH : Potentiel hydrogène

SAU : Surface Agricole Utilisée

UTH : Unité de travail humain

Introduction

Introduction :

L'agriculture a depuis toujours assimilée les nouvelles technologies pour réaliser des tâches. Pour preuve l'évolution spectaculaire qu'a subi le machinisme agricole durant cette décennie, créant des tracteurs et des engins agricoles toujours plus importants et plus performants. La robotisation a fait également son apparition avec l'émergence de robots autonome ou semi-autonome dans le domaine de l'élevage rendant moins pénible et plus efficace les tâches répétitives comme la traite ou la distribution de la ration. C'est logiquement que l'agriculture a également intégré les techniques GPS pour d'abord guider les engins agricoles mais également pour avoir une vision différente et plus globale de leurs parcelles.

Toujours dans l'idée d'avoir un aperçu global mais tout de même précis de la parcelle agricole, des services s'appuyant sur l'imagerie satellite sont apparus depuis le début des années 2000. Ces services proposent aux agriculteurs de détecter les hétérogénéités intra parcellaire afin que ces dernières soient prises en compte. **(CHOGNARD.S, 2013)**

La variabilité spatiale du milieu est le résultat de processus naturels correspondants à des échanges de matières et d'énergie hérités du passé. L'homme a adapté ses activités agricoles à cette variabilité en construisant un maillage de l'espace sous forme de parcelles agricoles. A chaque parcelle, correspond ainsi un mode de conduite agricole spatialement uniforme. Ce maillage du parcellaire a de nombreux déterminants notamment sociologiques avec le partage des terres lors des héritages. Toutefois, les paysages agricoles ont longtemps souligné (et parfois même renforcé) la diversité des conditions du milieu physique.

L'introduction du machinisme agricole et les remembrements successifs au cours du XX^e siècle ont bouleversé cet équilibre avec un agrandissement progressif des parcelles. Beaucoup de techniques agricoles ont alors tenté de « lisser » la variabilité désormais incluse au sein des parcelles. On peut citer le défonçage, l'épierrage, le drainage. L'apport de matériaux (amendements, fumiers), etc. Ces techniques ont toutefois leurs limites et la poursuite de l'agrandissement des parcelles à la fin du XX^e siècle a introduit une sensibilité croissante des agriculteurs à la prise en compte de la variabilité intra-parcellaire des paramètres du milieu physique.

A partir de l'ensemble de ce nouveau constat sur l'agriculture de précision, nous proposons dans ce manuscrit de citer les bases de l'agriculture de précision et son domaine d'application futur dans notre pays.

Chapitre 01

I. Généralités sur le sol :

I.1. Les propriétés physico-chimiques :

I.1.1. La texture :

La texture reflète la part respective des constituants triés selon leur taille. On distingue ;

*La texture minérale qui est la proportion des sables, limons et argiles mesurés par l'analyse granulométrique.

*La texture organique qui reflète la proportion des fibres et de matériel fin et micro agrège dans les matériaux holorganique. (GOBAT.J-M, ARAGNO.M, MATTHEY.W, 2003).

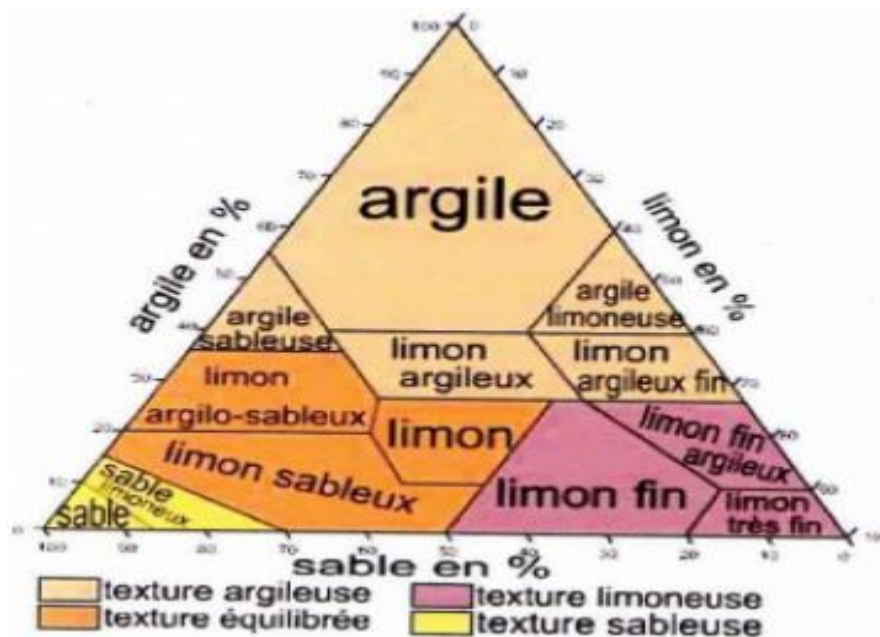


Fig. n°01. Triangle Textural

(DUCHAUFOR, 1997)

I.1.1.1. Sols Sableux :

Les particules d'un sol sableux sont relativement espacées ce qui permet à l'eau de s'écouler rapidement. Les sols sableux ont une structure instable, ce qui les rends très sensibles à l'érosion éolienne, de plus comme l'eau d'écoule rapidement, ils sèchent rapidement ce qui favorise l'érosion aérienne.

I.1.1.2. Sols limoneux :

Bien que tous les sols soient sujets a une éventuelle érosion par l’eau, le limon, le loam limoneux et le loam sont les plus menacée. Sur les pentes longues ou abruptes l’érosion par l’eau s’intensifie et le ruissellement peut atteindre une vitesse impressionnante.

I.1.1.3. Sols Argileux :

Les sols renferment une forte proportion d’argile, sont propices à l’agriculture en zone aride. La structure superficielle des sols argileux peut se dégrader, formant une croute.

Types de textures	Type de sol	Travail du sol
Texture argileuse	Sols Lourds	Difficiles à travailler
Texture sableuse	Sols légers souvent secs	Faciles à travailler
Texture limoneuse	Sols riches en limons	Sol peu perméables mal aérés
Texture équilibrée	Sols limono-argilo-sableux	Facile à travailler

Tableau N°01 : Classification des textures

Source : **(DUCHAUFOR, 2001)**

-Etude granulométrique :

On détermine la composition élémentaire d’un sol par l’analyse mécanique ou granulométrique. Les systèmes américains et canadiens reconnaissent sept classes de particules ; ce sont, en fait les particules minérales de moins de 2mm, dont les noms et les limites de tailles sont indiquées dans le tableau N°2 **(DOUCET, 2006)**.

Tableau N°02 : Echelle granulométrique de la texture du sol

Classe des sols	Diamètres des particules
Sable très grossier	De 2.0 à 1.0 mm
Sable grossier	De 1.0 à 0.5 mm
Sables moyen	De 0.5 à 0.25 mm
Sable fin	De 0.25 à 0.10 mm
Sable très fin	De 0.10 à 0.05 mm
Limon	De 0.05 à 0.002 mm
Argile	≤ de 0.002 mm

Source : **(DOUCET, 2006)**

I.1.2. La structure :

La structure est un état du sol variant à court terme par exemple selon les saisons. Elle dépend directement de la texture (l'inverse n'est pas vrai) mais aussi de l'état des colloïdes, du taux d'humidité ou de matière organique et dans une large mesure de l'activité de la faune. **(GOBAT.J, ARAGNO.M, MATTHEY.W, 2003).**

I.1.2.1 Détermination et types

Si la texture peut se mesurer précisément, la détermination de la structure est plus empirique et cette dernière doit être appréciée visuellement. Malgré la grande variété d'arrangements possibles des particules, on peut subdiviser la structure du sol en cinq grandes catégories **(Baize & Jabiol, 1995, simplifié ; fig.02) :**

* Absence d'agrégats, structures héritées de la roche-mère : structure lithique ou lithologiques.

* Absence d'agrégats, structures généralement observées dans des matériaux minéraux ou organo-minéraux :

- structure massive, continue, compacte : matériau cohérent **(fig.02) ;**

-structure particulière : matériau formé de particules libres et individualisées **(fig.02).**

* Présence d'agrégats arrondis. Ces structures sont favorables à la fertilité du sol, en particulier la structure grumeleuse dans laquelle les éléments

organiques et minéraux sont liés au sein du complexe argilo-humique. On distingue ;

- structure grenue : agrégats plus ou moins sphériques ;
- structure grumeleuse : agrégats irréguliers plus ou moins agglomérés (**fig.02**);
- structure micro-grumeleuse : agrégats grumeleux inférieurs au millimètre.

*Présence d'agrégats à arêtes anguleuses. Les structures de ce type résultent souvent de processus physiques touchant les argiles, comme alternances de gonflement et de retrait des smectites.

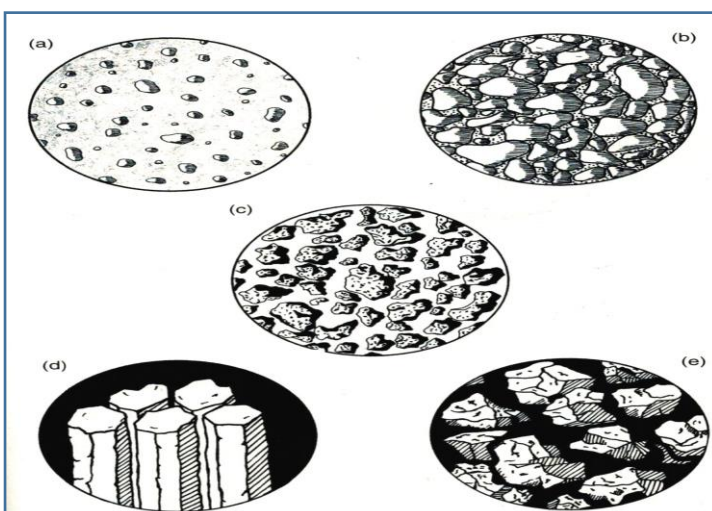
- structure lamellaire : orientation horizontale des agrégats ;
- structure prismatique : orientation verticales, agrégats allongés (**fig.02**) ;
- structure colonnaire : idem à sommets arrondis ;
- structure sphénoïde : faces planes à orientation oblique, striées ;
- structure cubique : faces planes nettes, peu nombreuses, arêtes de même grandeur ;
- structure polyédrique anguleuse : faces planes nombreuses, arêtes vives inégales (**fig.02**) ;
- structure polyédrique subanguleuse : idem, à arêtes émoussées.

*Structures formées à partir d'un matériel végétal :

- structure fibreuse : résidus organique bruts, fibreux (mousses, tourbes...) ;
- structure feuilletée : résidu organiques issus de feuilles, arrangés horizontalement ;

- structure granulaire : amas millimétriques globulaires individualisés.

(GOBAT.J-M, ARAGNO.M, MATTHEY.W, 2003).



- a : structure massive ;
- b : structure particulaire
- c : structure grumeleuse
- d : structure prismatique

Fig. n°02 :
structure du sol

I.1.3. La porosité :

Selon le degré d'humectation, les vides du sol sont occupés en majeure partie soit par l'eau, soit par l'air. Leur ensemble représente la **porosité**. Cette dernière donne une bonne idée de l'état structural avec, avantage certain, la possibilité de mesures comparatives.

Selon la taille des pores, on distingue 03 types de porosité :

***Macroporosité** >50 μm pouvant être occupé par l'eau de gravité rapidement drainé. Elle dépend de la structure

***Mésoporosité** (porosité capillaire) : 0.2 à 50 μm retenant l'eau utile aux plantes. Elle dépend de la texture.

***Microporosité** < 0.2 μm retienne l'eau inutilisable. (GOBAT.J, ARAGNO.M, MATTHEY.W, 2003).

I.1.4. Le régime hydrique :

Le régime hydrique dépend des 03 propriétés précédentes :

*La texture détermine les forces de rétention de l'eau ;

*La structure influence la circulation de l'eau ;

*La porosité définit le volume du réservoir hydrique du sol. (GOBAT.J, ARAGNO.M, MATTHEY.W, 2003).

I.1.5. La température :

En raison de l'hétérogénéité et l'épaisseur d'un sol, de nombreuses températures différentes coexistent au même instant, qui reflète autant de bilans énergétiques ponctuels. La structure, le taux d'humidité, la charge en éléments grossiers influencent la transmission de la chaleur, alors que le soleil est la source d'énergie calorifique essentielle qui agit directement dans le sol en le chauffant, et d'une manière indirecte, via la photosynthèse et les chaînes alimentaires. (GOBAT.J, ARAGNO.M, MATTHEY.W, 2003).

I.1.5.1 l'énergie solaire :

Le flux initial d'énergie solaire est la constante qui contient toutes les longueurs d'onde entre 200 et 400 nm (**fig.03**). Les infrarouges thermiques, entre 700 et 1000 nm, intéressent le sol au premier chef, alors que le visible, entre 400 et 700 nm, est vital pour les organismes.

La fraction de la constante solaire qui atteint réellement le sol, par voies directe (I) ou diffuse (D), est le rayonnement global ou irradiance solaire **R_g**. Ce dernier dépend de l'angle h du rayon solaire avec le sol, une surface perpendiculaire recevant le maximum d'énergie. Il est une des composantes du rayonnement net R_n' lui-même redistribué sous quatre formes dans l'écosystème :

- *L.E : énergie utilisée pour l'évaporation ou libérée par la condensation de l'eau ;
- *Q_a : chaleur de convection, diffusion en milieu liquide ;
- *Q_s : chaleur de conduction, diffusion en milieu solide ;
- *Ph : énergie absorbée pour la photosynthèse.

La température du sol intègre les trois premières formes, surtout Q_s, Ph étant négligeable dans un bilan quantitatif. (**GOBAT.J, ARAGNO.M, MATTHEY.W, 2003**).

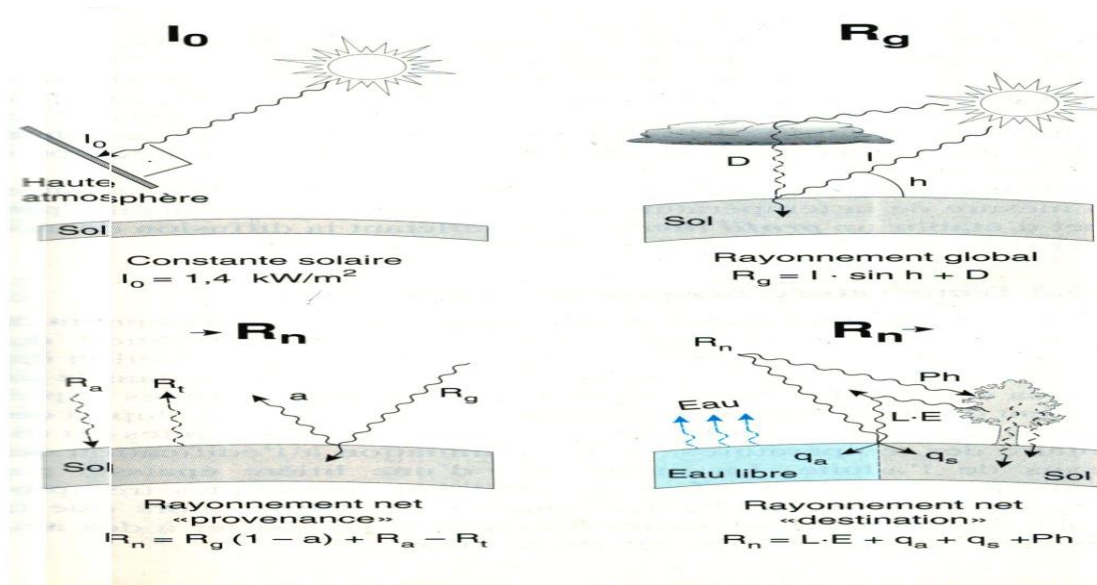


Fig. n°03 : les étapes de la transformation de l'énergie solaire

I.1.6. Le pH du sol :

Il a une influence sur la dissipation par leur action sur la rétention et sur la microflore. A côté du potentiel d'oxydoréduction qui a été rappelé précédemment à propos de l'influence de la teneur en eau, le pH joue aussi un rôle important. Il a été mis en évidence d'abord pour l'atrazine. (**HOUT et al, 2003 ; in BARRIOSO.E, 2005**).

Plus récemment, en Angleterre (**SORENSEN et al, 2003 ; BENDING et al, 2003 in BARRIOSO.E et al, 2005**) et en France (**EL SEBAII et al, 2004**) ont montré que la vitesse de minéralisation de l'isoproturon est corrélée positivement en pH (entre **6.1 et 7.5**). Cet effet n'est pas encore définitivement expliqué ; le pH pourrait influencer la dégradation par son effet sur l'adsorption (modification de l'ionisation des molécules et des constituants des sols) ou bien encore par une action sur la physiologie de la microflore dégradante. (**BARRIOSOE et al, 2005**).

I.1.7. Les échanges ioniques dans le sol :

En 1850, Way verse du purin "dont les caractéristiques sont l'odeur et la couleur" sur du sable et sur une terre argileuse. Le purin ressort intact du sable, coloré et odorant, alors que la terre argileuse livre un liquide clair et inodore. Le complexe argilo-humique du second substrat a retenu les substances du purin, en particulier l'ammoniaque et les pigments colorés : il a un pouvoir absorbant, ayant fixé les ions. (**GOBAT.J, ARAGNO.M, MATTHEY.W, 2003**).

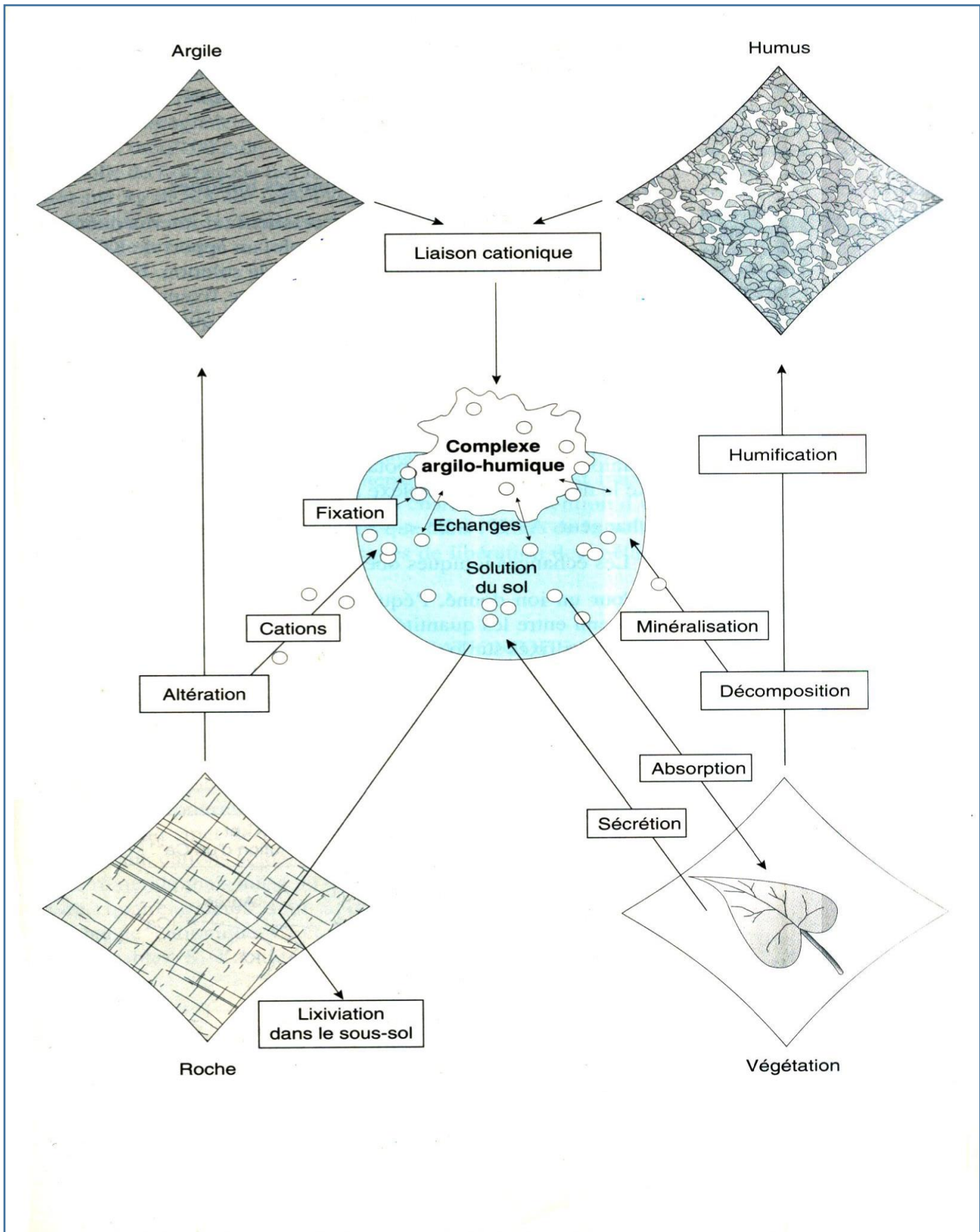


Fig. n°04 : Le complexe argilo-humique, plaque tournante du fonctionnement du sol.

I.1.8. la capacité d'échange cationique :

La **CEC** totale est mesurée par échange des ions du sol avec une solution saline, soit un pH tempéré, soit au pH du sol, est exprimée en cmol^+/Kg de sol sec. La **CEC** est relativement stable dans un sol puisqu'elle dépend de la texture ainsi que du taux et de la qualité de la M.O. (**GOBAT.J, ARAGNO.M, MATTHEY.W, 2003**).

I.2. La faune du sol :

La faune du sol joue un grand rôle dans la transformation de la M.O.F et l'édification des structures ; elle agit en relation avec la microflore. (**LAVELLE, 1998**).

I.2.1. La microfaune :

Est constituée d'animaux d'une longueur **< 0.2mm** et regroupe tous les protozoaires, organismes unicellulaires : Amibes ; Flagelles ; Ciblés ainsi que les Nématodes. (**GOBAT.J, ARAGNO.M, MATTHEY.W, 2003**).

I.2.2. La méso-faune :

Dont la longueur est varié entre **0.2 et 4 mm**, comprend des Némathelminthes (nématodes), des Acariens et des insectes aptérygotes. Les Arthropodes appartenant à la méso-faune sont nommés microarthropodes. (**GOBAT.J, ARAGNO.M, MATTHEY.W, 2003**).

I.2.3. La macrofaune :

se rapporte à des animaux d'une longueur de **04 à 80 mm** ; ses représentants principaux sont :

*Des Annélides Oligochètes (enchytrées, lombrics) ;

*Des Mollusques Gastéropodes (limaces, escargots) ;

*Des Arthropodes : Crustacés Isopodes (cloportes)

Myriapodes (diplopodes) ;

*Des Insectes : Isoptères (termite)

Orthoptères (courtilières) ;

Les arthropodes de la macrofaune sont les **macroarthropodes**. (GOBAT.J, ARAGNO.M, MATTHEY.W, 2003).

Chapitre 02

II. Généralités sur l'agriculture :

II.1. Agriculture générale :

«L'Agriculture consiste à s'efforcer de placer la plante cultivée dans les conditions optima de milieu (**climat, sol**) pour en tirer le maximum de rendement en quantité et en qualité».

- Cette définition doit être considérée comme « **idéale** » car elle néglige en fait un élément essentiel : le facteur économique.

- L'Agriculture comme une industrie ou commerce, doit être rentable et la réalisation des conditions de croissance optima pour la plante, l'obtention du rendement maximum sont, quelquefois, dénuées d'intérêts économiques.

- Il y a donc lieu de rechercher une définition plus pratique, qui tienne compte, à la fois, du problème de la rentabilité et de la conservation du sol en bon état de fertilité, conditions nécessaires au maintien de l'avenir de la production, cette définition pourrait être la suivante ;

« L'Agriculture est l'art d'obtenir du sol, tout en maintenant sa fertilité, le maximum de profits », ou selon A. Chevalier : « l'art d'extraire du sol par la culture et d'une façon plus ou moins permanente, le maximum de production avec le minimum de dépenses et d'efforts ».

- Les définitions de l'Agriculture ne se précisent pas quel sera l'intermédiaire (plante ou animal) utilisé entre le sol et le bénéfice qu'on doit tirer de sa culture.

- L'Agriculture englobait à la fois les spéculations animales et végétales.

- Dans la plupart des cas d'ailleurs, l'agriculture aura à connaître ces deux branches essentielles de l'activité agricole et à en assurer le développement harmonieux à l'intérieur de son exploitation. Il n'est pas inutile de rappeler à cet égard, que seule, la production végétale est créatrice de matière vivante, la production animale n'étant que transformatrice avec, souvent un rendement énergétique assez faible.

- Les moyens dont dispose l'agriculteur sont essentiellement le milieu et la plante.

1° Choisir la plante en fonction du climat général :

2° S'efforcer d'améliorer le sol pour fournir à une plante déterminée le milieu le plus favorable à son développement. **(R. DIEHL, 1975)**

II.2. Les bases de l'agriculture :

II.2.1. Diversité des productions agricoles :

L'activité agricole ne peut plus être considérée comme représentative du secteur de production primaire (**agriculture**) puisqu'elle se situe maintenant dans les trois secteurs primaire, secondaire (**industries**) et tertiaire (**services**).

- Les productions agricoles sont aujourd'hui devenues extrêmement diverses, même si certaines d'entre elles sont fortement dominantes. **(Ph. PREVOST, 1999)**

II.2.1.1 Productions agricoles primaires :

Le secteur de l'agriculture regroupe un certain nombre de branches agricoles.

En fonction des conditions naturelles régionales, certaines orientations se sont développées au sein des régions, favorisées par une politique poussant à la spécialisation.

Mais si la spécialisation a entraîné un quasi-abandon de certaines productions (seigle, sarrasin), la diversification est, depuis quelques années, un phénomène important pour le développement de la diversité. **(Ph. PREVOST, 1999)**

II.2.1.2. Productions agricoles secondaires :

Si l'industrie agroalimentaire ne concerne pas directement l'activité agricole, puisqu'elle n'est pas du ressort de l'entreprise agricole, la production de biens transformés se développe au sein de l'exploitation agricole, et, dans ce sens, participe à la diversité des productions agricoles.

- Cette transformation va du simple conditionnement du produit (ex : fruits et légumes) jusqu'à la fabrication artisanale d'un produit alimentaire (foie gras, vin).

- À ce niveau, la diversité peut devenir extrêmement développée : terroirs, procès de transformation, marque... **(Ph. PREVOST, 1999)**

II.2.1.3. Productions agricoles tertiaires :

Celles-ci ne cessent de se diversifier. Elles concernent principalement :

*Le commerce : dans le prolongement de la transformation ;

*Le tourisme : accueil à la ferme, gîtes ruraux, auberges, campings...

*L'entretien de l'espace rurale : travaux d'élagage, de faucardage des rivières, d'entretien des bords de route...

Mais elles sont appelées à se diversifier encore pour répondre aux besoins futurs d'environnement, de services aux ruraux et de relation rural/urbain. **(Ph. PREVOST, 1999)**

II.2.2. L'exploitation agricole :

Décrire l'exploitation agricole ressemble un peu à un inventaire à la Prévert. S'y côtoient :

*Une présentation des objectifs de l'agriculteur ;

*des définitions de termes professionnels, de sigle, abréviations... ;

*des notions de droits rural et d'économie rurale ;

*une description de pratiques diverses non techniques et difficilement classables ;

*une présentation de statistiques permettant la caractérisation et la classification des exploitations dans des catégories. **(F. Néron, 2014)**

II.2.2.1. Caractéristiques d'une exploitation agricole :

Une exploitation agricole est :

-Une entreprise de production de biens agricoles et/ou de services ruraux ;

-Intégrée dans un environnement naturel, social, politique, économique et culturel donné ;

-Permettant à l'exploitant de rémunérer ses facteurs de production et de satisfaire ses exigences professionnelles.

Ainsi, une exploitation agricole se caractérise par :

-Des facteurs de productions ;

-Au sein d'un environnement donné ;

-Qui sont combinés en un système de production. **(Ph. PREVOST, 1999)**

II.2.2.2. Les objectifs de l'exploitation agricole :

Les principaux objectifs de l'agriculteur sont :

- *l'amélioration de son revenu ;
- *la diminution de son temps de travail ;
- *l'aménagement de l'exploitation pour abaisser la pénibilité du travail ;
- *la préparation éventuelle d'une succession ou d'une association. **(F. Néron, 2014)**

II.2.2.3. Facteurs de la production agricole :

Les facteurs ou moyens de production d'une exploitation agricole sont de plusieurs natures. **(Ph. PREVOST, 1999)**

II.2.2.3.1. Facteurs naturels :

Ce sont les caractéristiques climatiques et édaphiques où se situe l'exploitation agricole. Celles-ci influencent pour une bonne part la vocation de l'exploitation par la manifestation d'atouts et de contraintes spécifiques. **(Ph. PREVOST, 1999)**

II.2.2.3.2. Capital foncier :

Il se compose des terres et des améliorations foncières réalisées sur ces terres (drainages*, irrigation*, plantation d'arbre, clôtures, arbis, etc.)

On distingue :

- La surface agricole totale** : qui correspond à la superficie globale de l'exploitation enregistrée sur le plan cadastral ;
- la surface agricole utile ou SAU** : qui est la superficie productive de l'exploitation ; elle comprend les terres labourables, les surfaces toujours en herbe (prairies naturelles), les plantations hors forêts (vergers, vignes), les cultures maraichères et florales. **(Ph. PREVOST, 1999)**

II.2.2.3.3. Capital d'exploitation :

Celui-ci se compose de ;

- Bâtiments d'exploitation ;
- Matériel agricole (Cheptel mort) ;

-Cheptel vif (les animaux de l'exploitation.

En comptabilité, on y ajoute les parts sociales versées aux organismes coopératifs, les stocks de l'exploitation, les créances et les disponibilités de trésorerie. **(Ph. PREVOST, 1999)**

II.2.2.3.4. Main-d'œuvre :

La main-d'œuvre permet d'assurer le travail de l'exploitation ; on l'évalue en UTH.

Le travail en agriculture présente certains caractères spécifiques liés aux contraintes imposées par le milieu, les productions, les structures de production et l'évolution démographique. **(Ph. PREVOST, 1999)**

II.2.3. Environnement de l'exploitation :

L'exploitation agricole est un système complexe dont l'activité doit, de plus en plus, prendre en compte l'environnement dans laquelle elle se trouve. C'est au niveau locale que cet environnement est le plus important car c'est à cette échelle que les interactions avec l'exploitation agricole est la plus forte.

Dans l'environnement local de l'exploitation agricole, il est à considérer :

-Les conditions naturelles (physiques) qui conditionnent en partie la relation au territoire local de l'agriculteur mais également de toute la société locales. Par exemple, une région viticole a une activité très liée au terroir ;

-Le contexte politique, social, culturel, économique et technologique qui constitue l'environnement professionnel de l'agriculteur influençant l'activité quotidienne de l'agriculteur sur son exploitation. **(Ph. PREVOST, 1999)**

Tableau N°3 : Environnement de l'exploitation agricole

Environnement	Organisme	Relations avec l'exploitation agricole
	Collectivités territoriales -conseil municipal	*Relais pour les formulaires officiels (subventions, calamités, permis de construire...), remembrement des terres, gestion des déchets,

Politique	<ul style="list-style-type: none"> -conseil général -Conseil régional -Etat (direction départementale de l'agriculture) -Chambre d'agriculture 	<p>entretien des chemins, etc. *Différents travaux ruraux. *Soutien financier aux projets de développement économique. *Politique social, politique de l'emploi, politique d'aménagement *service d'information, de formation continue</p>
Social	<ul style="list-style-type: none"> -Etablissement de formation -Associations socioculturelles -Mutualité agricole 	<p>*Qualification professionnelle, formation continue, participations au développement et a l'animation rurale *participation à l'animation rurale *Assurance des agriculteurs, de leurs familles et de leurs biens.</p>
Economique	<ul style="list-style-type: none"> - Banques -Organismes de distributions de l'agrofourriture -Organismes de mise en marché 	<p>*Prêts, assurances, gestion des capitaux *Achat des matériels, des matières premières et des intrants *Vente des produits de l'agriculteur</p>
Technologique	<ul style="list-style-type: none"> -Instituts de recherche et développement (INRA...) -Organisme de communications 	<p>*Diffusion de la recherche agronomique *Diffusion des informations</p>

Source : (Ph. PREVOST, 1999)

II.2.4. Système de production :

D'après Ph. Jouve, « le système de production est l'ensemble structuré des facteurs de production combinés entre eux pour assurer une production végétale et/ou une production animale en vue de satisfaire les objectifs des

responsables de la production », en l'occurrence l'exploitant agricole et sa famille.

Cette notion permet de caractériser le mode de fonctionnement de l'exploitation agricole ; elle prend en compte :

- L'exploitant agricole et sa famille ;
- L'histoire et l'évolution de l'exploitation ;
- Les relations avec l'environnement ;
- Le système de gestion des moyens de production disponible ;
- Le système technique de production ;
- Le système polyculture élevage ;
- Le système céréalier ;
- Le système élevage ;
- Les systèmes spécialisés. **(Ph. Prévost, 1999)**

II.2.5. Les terres agricoles :

Une des spécificités de l'agriculture est l'importance du facteur « terre ». La terre est le facteur principal de la production en matière agricole.

L'Algérie en 2007 disposait une superficie agricole totale (STA) de 41,25 millions d'hectares environ dont 8.39 millions d'hectares constituent la superficie agricole utile (SAU) et près de 32.8 millions d'hectares sont utilisés pour les pâturages permanents.

La surface agricole utile habitant s'est rétrécie du fait de la croissance de la population.

Les terres sont réparties entre différentes zones d'activités a savoir, les surfaces cultivées (temporaires ou permanentes), la jachère et les pâturages (cultivés et naturels). **(I. Diakite, A. Samake, 2009-2010)**

II.2.6. Le travail du sol :

Le travail du sol a une influence considérable sur l'importance de la récolte, il a pour but de mettre à la disposition du végétal un milieu aussi parfait que possible au triple point de vue physique, chimique et biologique.

-Le travail du sol permet d'agir sur :

1° Le ruissèlement ;

2° L'infiltration ;

3° L'aération ;

4° La pénétration des racines ;

5° l'évaporation. **(H. Gondé et al, 1968)**

II.2.6.1. Préparation physique du sol :

Elle est à la base de toute culture rationnelle, cette opération n'est pas simple : il ne suffit pas en effet de savoir labourer, herser, rouler ; il faut savoir adapter ces opérations culturales aux conditions de lieu et de temps. On ne traite pas une terre siliceuse comme une terre argileuse, on ne prépare pas une terre après un trèfle comme après céréale.

Comme à leur tour, les conditions météorologiques (excès de pluie, sécheresse, etc...) influent sur le résultat des travaux, on voit combien peut être complexe la préparation physique d'un sol. **(H. Gondé et al, 1968)**

II.2.6.1.1 Labour :

***But.** Le labourage des terres consiste à retourner le sol sur une profondeur plus ou moins grande.

* **Avantages.** Ils sont les suivants :

-en retournant la terre, on ramène à la surface les couches inférieures du sol qui, exposées aux agents atmosphériques, y subissent des modifications profondes et on met au fons la partie superficielle appauvrie par la précédente culture et souvent envahie de mauvaises herbes ;

-le labour ameublir le sol et permet aux racines de s'effondrent facilement ;

-le labour enfuit les engrais et en particulier le fumier et parfois les semences ;

-un sol labouré met en réserve l'humidité indispensable à la végétation. **(H. Gondé et al, 1968)**

II.2.6.1.2. Hersage :

Il a pour but d'ameublir et de niveler la surface du sol, de rassembler les débris de récolte ou les mauvaises herbes arrachées par les façons qui les précédent.

On le pratique sur ;

-**Sol nu** : Il est le complément indispensable des labours et des quasi-labours, pour briser les mottes et obtenir une terre aussi fine que possible. Il ne faut pas donner les façons coup sur coup mais les alterner avec des hersages.

-**Sol portant culture** : le hersage a aussi pour but de briser la couche superficielle du sol qui vient entraver la bonne sortie des jeunes plantes et leur développement normal. **(H. Gondé et al, 1968)**

II.2.6.1.3. Roulage :

Il a pour but d'ameublir (en écrasant les mottes), d'opérer un nivellement et un tassement du sol, de faire adhérer la terre aux semences.

-**Sur sol nu** : il est une opération d'ameublissement qui permet d'ailleurs un meilleur hersage, celui-ci se faisait mieux sur terrain uni qu'on sol motteux.

-**Sur sol cultivé** : il intervient dans la circulation de l'eau en rétablissant la capillarité. C'est ainsi par exemple, qu'on roule les terrains dès après semis, de façon à provoquer l'ascension de l'eau qui vient se mettre à la portée de la graine à faire germer. Après l'hiver, un bon roulage rétablit la continuité indispensable dans les sols soulevés par la gelée. **(H. Gondé et al, 1968)**

II.3. L'Agriculture modernes et ses pratiques :

La modernisation de l'agriculture s'est faite en grande partie grâce au développement du machinisme agricole de plus en plus connecté, à l'amélioration par la sélection des espèces végétales, à la mise au point de nouveaux engrais et produits de protection des plantes plus performants et plus respectueux de l'environnement, au développement de pratique prenant en compte l'impact de l'agriculture sur l'environnement, et à l'introduction dans les pratiques agricoles de nouveaux outils numériques d'aide à la décision basés sur la data, et des nouvelles technologies (drones, robots...).

Cette modernisation intervient à toutes les étapes du cycle de culture :

- Préparation de la parcelle : pour travailler le sol, l'agriculteur à différents matériels à sa disposition, notamment : charrue pour un labour profond, déchaumeuse pour un travail plus en surface, herse pour émietter la terre...

- Semis ou plantation : là, place aux semoirs sophistiqués (de grande culture, de précision, mono graines...) ou aux planteuses (à pomme de terre par ex.) pour la mise en place de la culture, avec des variétés sans cesse améliorées.
- Fertilisation : les épandeurs ou distributeurs d'engrais et d'amendements permettent d'apporter au sol les éléments minéraux ou organiques nécessaires à la croissance des plantes.
- Protection phytopharmaceutique : pour lutter contre les ennemis des cultures (maladies, mauvaises herbes, insectes), l'agriculteur peut utiliser des produits chimiques qui sont appliqués avec un pulvérisateur ou déposés directement sur la semence. Il peut aussi les combattre mécaniquement (binage, enfouissement, fauche...)
- Récolte : à chaque culture sa machine de récolte... Les citer toutes est impossible. L'un des principaux enjeux à ce stade est d'éviter la dégradation du sol due au poids des engins.

Quelle modernité pour demain ?

*Le monde agricole doit aujourd'hui relever un nouveau défi : continuer à produire suffisamment de denrées alimentaires dans une démarche d'agriculture durable, respectueuse des ressources naturelles.

*Le concept d'agriculture de conservation, destinée à maintenir et améliorer le potentiel agronomique des sols, tout en conservant une production régulière et performante sur les plans technique et économique, s'inscrit dans cette perspective et commence à se concrétiser avec l'appui de la recherche agronomique.

*De plus, dans un environnement qui avance et se modernise au rythme de la technologie et des innovations digitales, il ne fait aucun doute que le big data et l'Internet des objets, entre autres, changeront progressivement le visage de l'agriculture. C'est déjà le cas aujourd'hui. Du smartphone dans les poches des agriculteurs aux capteurs hautement sensibles dans les moissonneuses-batteuses et les champs – le monde agricole est de plus en plus connecté, intégré et informé que jamais auparavant. La poursuite de la digitalisation de l'agriculture sera un pas en avant indispensable dans le monde de l'agriculture moderne. **(Revue Bayer France).**

Chapitre 03

III.1. INTRODUCTION

Parce qu'une parcelle n'est jamais homogène d'un bout à l'autre (caractéristiques du sol, topographie, présence de mauvaises herbes,...), l'agriculture de précision est un concept de conduite des parcelles agricoles qui prend en compte cette hétérogénéité intra-parcellaire pour moduler les interventions culturales.

Cette variabilité à l'échelle parcellaire est connue depuis longtemps par bon nombre d'agriculteurs et d'agronomes de terrain, mais elle est pourtant actuellement traitée de manière uniforme ou de façon très approximative (modulation pratiquée à vue). L'idée forte de l'agriculture de précision réside dans la volonté d'utiliser les nouvelles technologies, telles que le positionnement par GPS, les capteurs embarqués sur les engins agricoles, les images satellitaires et la micro-informatique, pour générer des cartes (cartes de rendement, cartes de préconisation,...) et ainsi mieux appréhender et prendre en compte cette variabilité intra-parcellaire.

Les différentes étapes dans l'agriculture de précision font jouer une multitude d'acteurs, un grand nombre de données et de systèmes d'informations. Les nouvelles technologies utilisées dans ce domaine vont engendrer une intensification de l'information agricole. Cette masse d'informations hétérogènes, par sa qualité (précision, échelle,...), sa nature (image, valeurs ponctuelles,...) son origine et son moment d'acquisition est certes précieuse mais peut devenir rapidement un handicap très important et une source possible d'erreurs dans la prise de décision pour le pilotage des travaux culturaux.

Parallèlement au concept même de l'agriculture de précision qui vise à mettre en évidence la variabilité intra-parcellaire, il est indispensable de disposer de bases de données et de bases de connaissances permettant d'établir un lien entre toutes les observations réalisées sur les parcelles (variations du rendement, variations de couleur d'une image satellitaire, propriétés du sol et des cultures) pour orienter la prise de décision dans la conduite des cultures.

Cet aspect est actuellement un point faible de l'agriculture de précision mais constitue une étape obligatoire dont les principaux aspects seront développés ci-dessous.



Fig. n°05 : L'agriculture de précision

III.2. L'Agriculture de précision :

L'agriculture de précision est l'agriculture moderne qui utilise des techniques numériques pour contrôler et optimiser les processus de production agricole. Par exemple, plutôt que d'appliquer la même quantité d'engrais sur la totalité d'un champ agricole ou de nourrir un grand nombre d'animaux avec une quantité égale d'aliments, l'agriculture de précision mesurera les variations des conditions dans un champ et adaptera sa stratégie de fertilisation ou de récolte en conséquence.

Les méthodes de l'agriculture de précision promettent d'augmenter la quantité et la qualité de la production agricole tout en utilisant moins d'intrants (eau, énergie, engrais, pesticides, etc.). L'objectif est de réaliser des économies de coûts, de réduire les incidences sur l'environnement et de produire des aliments en plus grande quantité et de meilleure qualité. Les méthodes de l'agriculture de précision reposent principalement sur une combinaison de nouvelles technologies de détection, de technologies de navigation et de localisation par satellite et de l'internet des objets. Elle se fait progressivement une place dans les exploitations en Europe et assiste de plus en plus les agriculteurs dans leurs tâches.

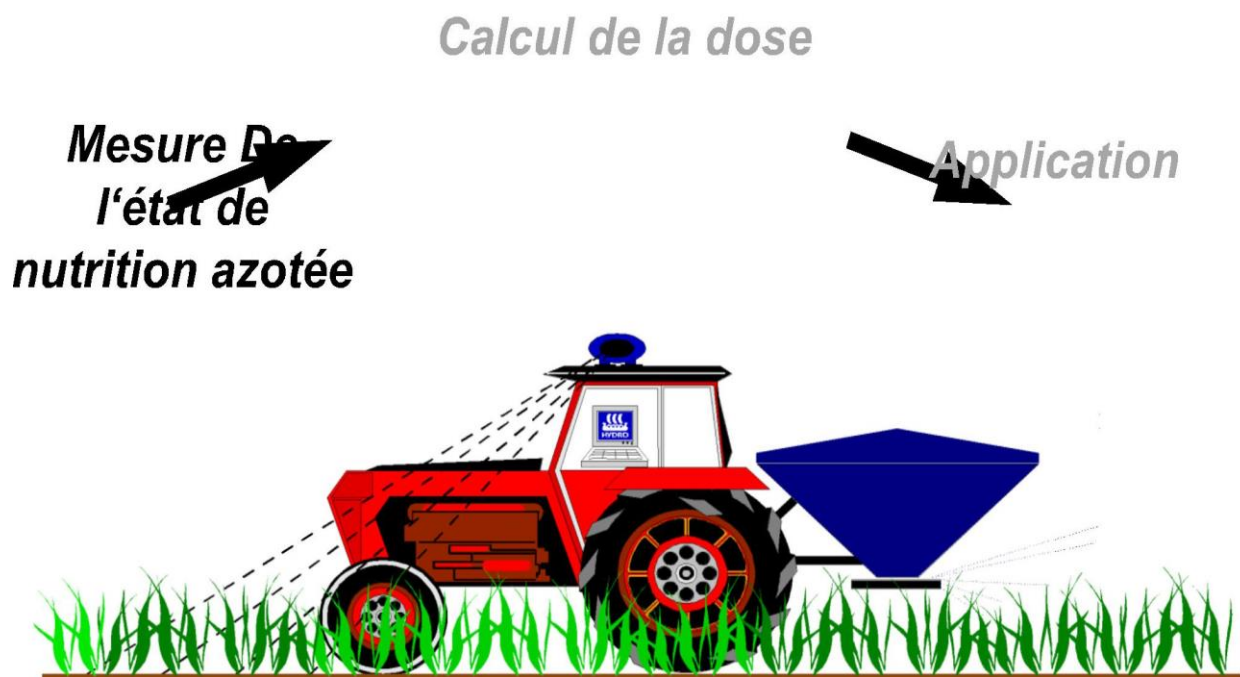


Fig. n°06 : changement de paradigme en Agriculture.

III.3. LE CONCEPT DE L'AGRICULTURE DE PRECISION

Le concept de l'agriculture de précision s'appuie au départ sur l'information contenue dans les cartes de rendement fournies par les machines de récolte. L'installation, sur une moissonneuse-batteuse, de capteurs de rendement liés à un système de positionnement par satellite (GPS) permet en effet d'obtenir assez facilement la cartographie du rendement d'une parcelle. Partant du constat de l'existence d'une variabilité spatiale de la culture au sein d'une parcelle, l'agriculteur peut alors orienter la conduite modulée des parcelles en tenant compte de toute une série d'autres paramètres dont il a une connaissance plus ou moins précise :

- le sol (ses propriétés physico-chimiques et mécaniques) ;
- la plante cultivée (qualité, stade de développement) ;
- les mauvaises herbes ;
- les maladies ;
- le climat ;
- les contraintes techniques et économiques.

D'après BOISGONTIER, l'agriculture de précision peut être décomposée en trois étapes :

- la mise en évidence et la caractérisation de la variabilité intra-parcellaire ;
- la prise en compte de la variabilité dans le processus qui amène à la prise de décision de conduite des cultures ;
- la mise en œuvre des décisions de modulation sur la parcelle.

*Dans la première étape, trois formes de variabilité peuvent être mises en évidence : la variabilité spatiale (cartes de rendement,...) à partir d'observations et de mesures en champ, la variabilité temporelle (pendant la saison culturale ou entre années) qui nécessite des bases de données historiques et enfin, la variabilité prédictive, qui part d'observations actuelles ou historiques pour constituer des cartes de préconisations. Cette dernière variabilité nécessite l'utilisation de modèles. Les principales formes de collecte de ces données vont de la mesure en continu de paramètres comme le rendement, à l'échantillonnage au niveau même des champs, en passant par l'analyse d'images numériques ou de photographies aériennes.

*La seconde étape nécessite de comprendre l'origine et l'impact de cette variabilité intra-parcellaire tant vis-à-vis de l'opération culturale à réaliser (décision opérationnelle) que de l'exploitation de celle-ci dans sa globalité (incidence économique et environnementale).

La conduite des cultures doit être basée sur des modèles d'aide à la décision. La mise en place de bases de données de références et de bases de connaissances est alors indispensable.

*Enfin, l'application des décisions peut s'effectuer par une modulation en temps réel ou une modulation fondée sur l'utilisation de cartes de préconisations. Le paramètre pris en compte influencera le choix ou la combinaison de ces deux types de modulation. Enfin, ces modulations génèrent à leur tour de l'information qui doit être intégrée au système de gestion et à la base de connaissances.

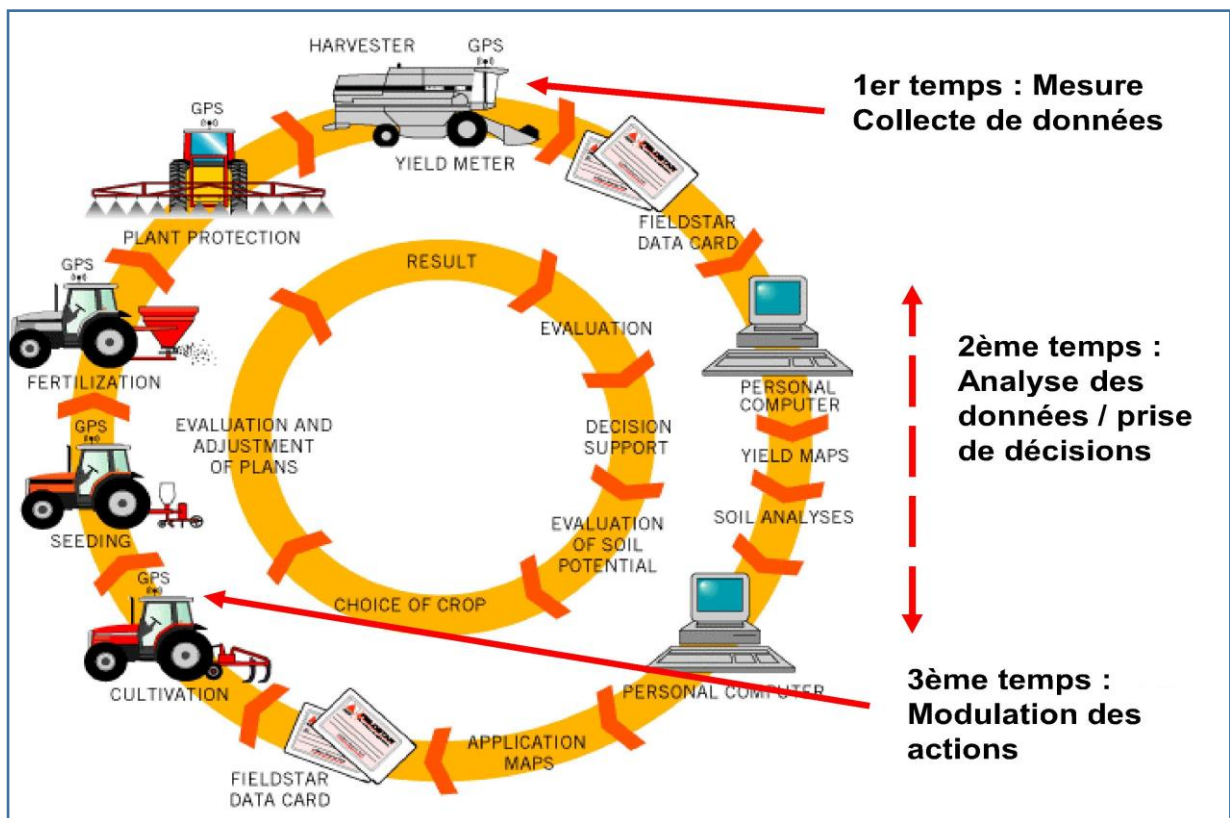


Fig.n°07 :

Schéma de principe de l'Agriculture de Précision (M, Moore, 1997, PhD Cranfield University)

4. La question des données et des bases de connaissances :

L'agriculture de précision peut être qualifiée « d'agriculture de l'information », c'est-à-dire qu'elle repose sur la capacité à collecter, à analyser et à combiner de multiples informations afin de pouvoir prendre des décisions plus ciblées à la fois dans le temps et dans l'espace (**Grenier et Steffe, 1999**).

La prise en compte de la variabilité intra-parcellaire dans le processus qui amène à la prise de décision de conduite des cultures repose sur la gestion de cette masse d'informations qui est au cœur de l'agriculture de précision.

III.4.1. Les Systèmes d'Information Géographique (SIG) :

Les Systèmes d'Information Géographique (SIG) constituent déjà en soi des systèmes de gestion de bases de données pour la saisie, le stockage, l'extraction, le traitement et l'analyse de données géoréférencées (données géographiques).

Les SIG s'imposent lorsque l'on intègre la dimension spatiale des phénomènes observés, ils constituent un outil d'aide à la décision.

Plusieurs niveaux d'information peuvent être gérés en même temps.

Un SIG destiné à l'agriculture de précision doit notamment être capable d'intégrer des données de types, de sources et d'échelles différentes, comme des levés continus ou des échantillonnages effectués au GPS, des photographies aériennes ou des images satellitaires, le parcellaire agricole,...

A partir de cette gestion et de l'analyse de ces données, les SIG peuvent produire les cartes et les rapports qui serviront à la gestion agronomique et économique de chaque parcelle.

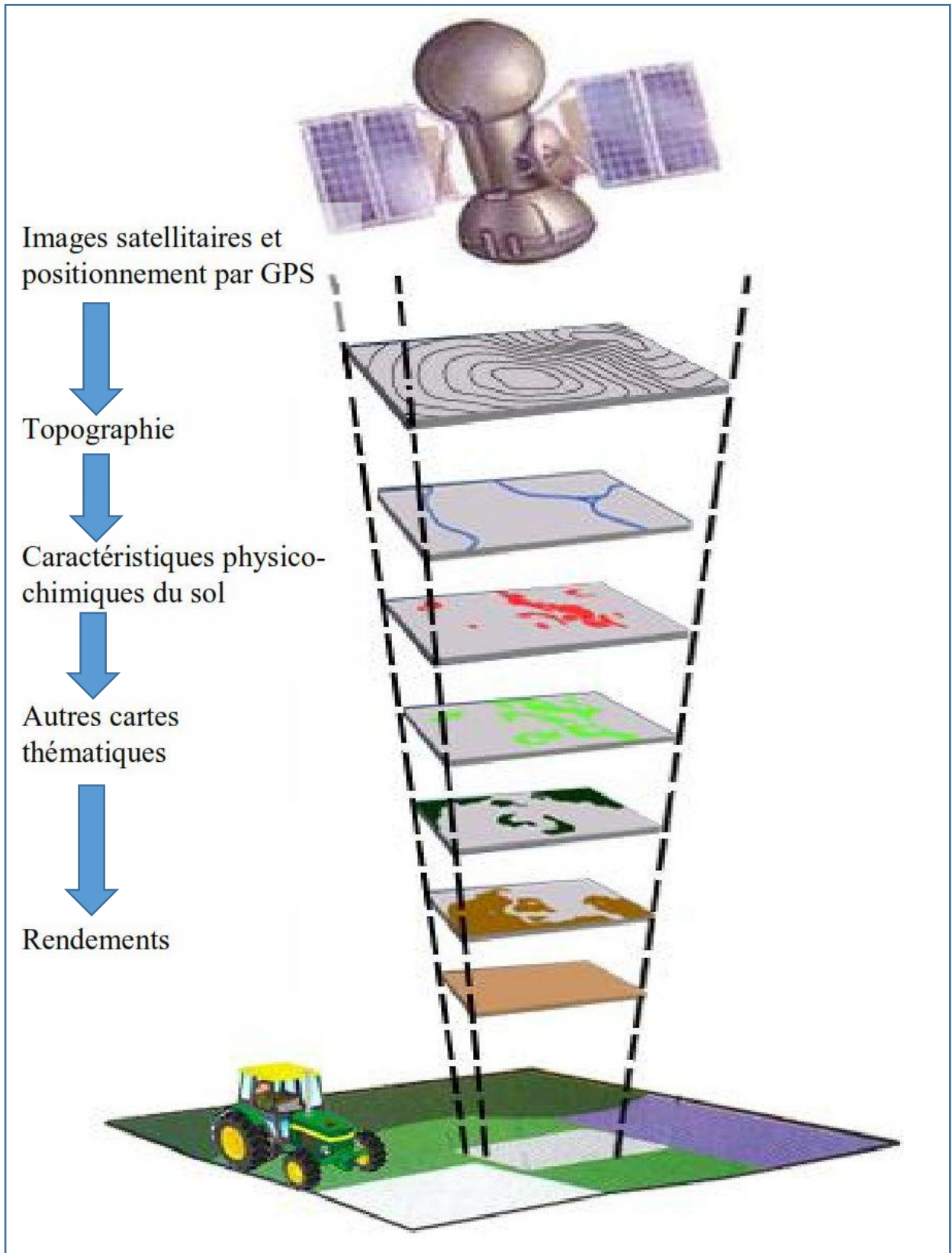


Fig. n°08 : Système d'Information Géographique

Suivant les besoins, l'agriculture de précision fait intervenir plusieurs types de SIG. Les SIG de base (les plus courants et les plus simples) permettent de récupérer ces données et de les visualiser par cartographie. Il n'y a pas d'outil d'analyse spatiale, l'information recueillie au champ est directement visualisée (**Fig.09**) sur des cartes de rendement ou des cartes thématiques comme la répartition des mauvaises herbes ou les indices de végétation issus d'images satellitaires ou de photos aériennes.

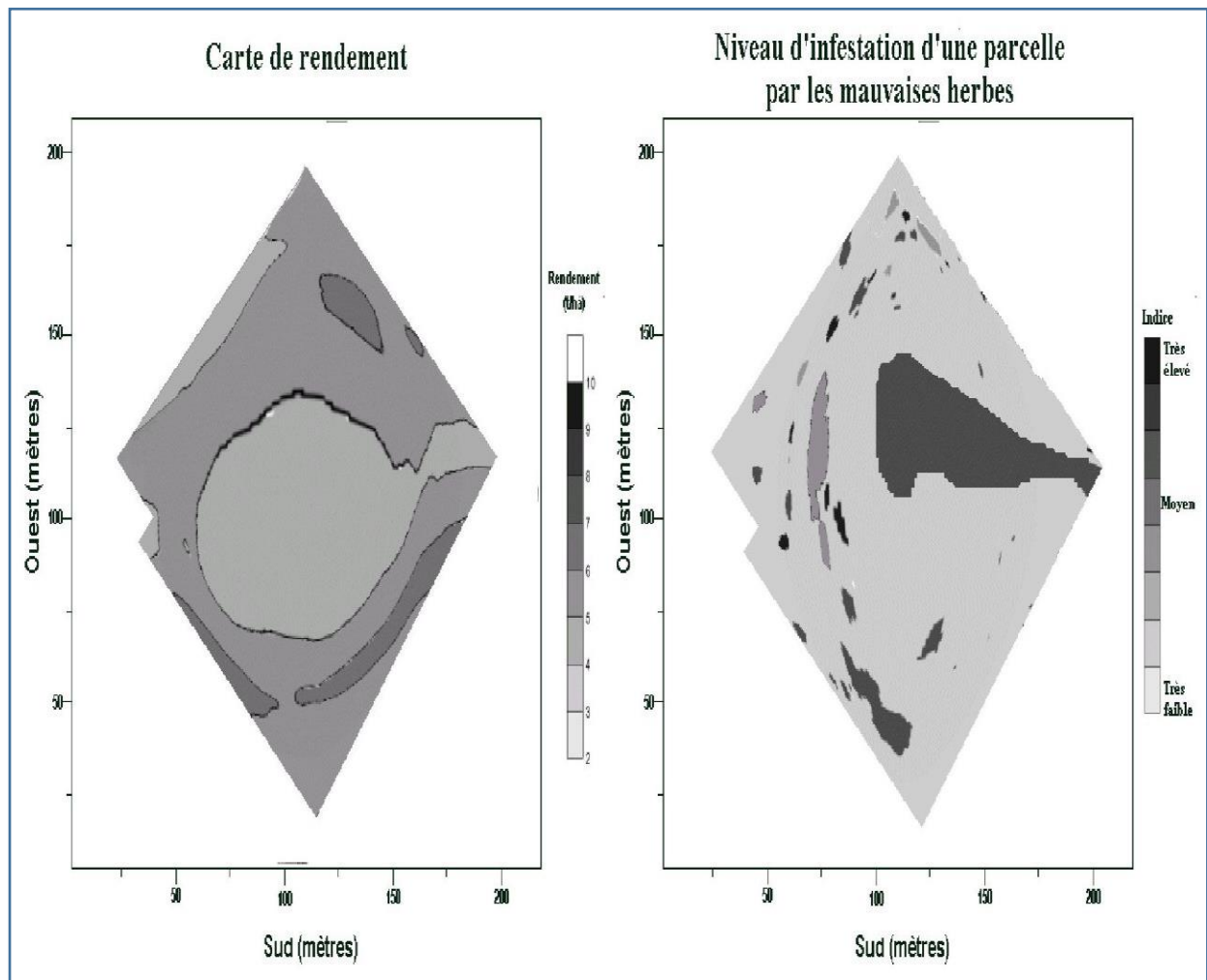


Fig. n°09 : Cartographies illustrant quelques exemples de la variabilité intra-parcellaire

Ces cartes expriment la variabilité au sein d'une parcelle. Cette visualisation de l'information peut déjà être très utile pour :

- mettre en évidence des erreurs culturelles liées à de mauvais réglages ou à des problèmes techniques (défaut de fonctionnement d'appareil de semis, d'épandage ou de pulvérisation) ;
- mieux savoir ce qui a été fait et ainsi accroître la traçabilité des opérations culturelles réalisées sur la parcelle agricole ;
- conduire avec plus de précision et d'efficacité les parcelles agricoles ;
- orienter les stratégies visant à améliorer les bases de données et les bases de connaissances d'une parcelle agricole à un moindre coût. La création d'un plan d'échantillonnage en est le meilleur exemple. Plutôt que de créer un maillage systématique, il est moins coûteux et plus représentatif d'analyser quelques points choisis dans les différentes zones homogènes.

III.4.2. Les méta-bases de données :

Les outils dédiés à l'agriculture de précision génèrent et demandent une quantité d'informations pluriannuelles importante qui peuvent venir de sources différentes. Les agriculteurs et les prestataires de services seront ainsi confrontés à des contraintes nouvelles : collecter, stocker et gérer de grandes quantités d'informations, ce qui introduit la notion de métadonnées.

Les métadonnées sont des informations sur les données stockées dans des bases de données. Elles constituent une composante essentielle pour les échanges, les partages et la gestion de grandes quantités d'informations.

Elles permettent :

- un accès facile à l'information ;
- une traçabilité de la ressource (origine, protocole de création, modifications successives...) ;
- une meilleure connaissance des limites d'utilisation de cette information (fiabilité, précision, échelle...) ;
- un état des lieux sur l'ensemble des données présentes et/ou la manière de se les procurer.

Ces métadonnées devraient faciliter le flux de données entre les différentes étapes et les différents acteurs de l'agriculture de précision. Elles devraient

également permettre d'évaluer la qualité des cartes de préconisations qui repose notamment sur :

- la qualité des informations acquises sur la parcelle, qu'elles proviennent de cartes existantes (carte des sols....) ou de capteurs ;
- du type de traitement géostatistique utilisé (spatialisation de variables ponctuelles par krigeage ou par d'autres procédés...).

Cependant, on conçoit aisément que la constitution de méta-bases de données au niveau de l'exploitation agricole peut devenir une contrainte (en temps de gestion et de maintenance) incompatible avec le fonctionnement normal de celle-ci.

III.4.3. Le flux de l'information :

Le contexte particulier dans lequel prend place l'agriculture de précision est celui d'une multiplicité d'acteurs et, partant de là, d'une multiplicité de systèmes d'informations.

Pour être utiles, les informations doivent pouvoir passer facilement d'un système d'informations à un autre, sans dénaturation et de la façon la plus transparente possible pour l'utilisateur. La notion de « flux de l'information » et la notion de codification prennent alors toute leur importance.

La codification des données permettra d'assurer une chaîne complète de transfert de données au niveau de l'exploitation agricole et facilitera le flux de l'information entre les équipements mobiles (capteurs,...) et les équipements fixes (ordinateurs de bureau et SIG) jusqu'aux partenaires (négociants, centrales d'achat,...).

La **Fig.10** schématise les différents types d'informations (agronomiques, économiques, environnementales,...), leur variation d'échelle (régionale, exploitation et parcellaire) et le flux de l'information dans la gestion globale d'une exploitation agricole. A terme, l'élaboration d'un tel système pourra alors être considérée comme un véritable système d'aide à la décision et à la gestion d'une exploitation agricole.

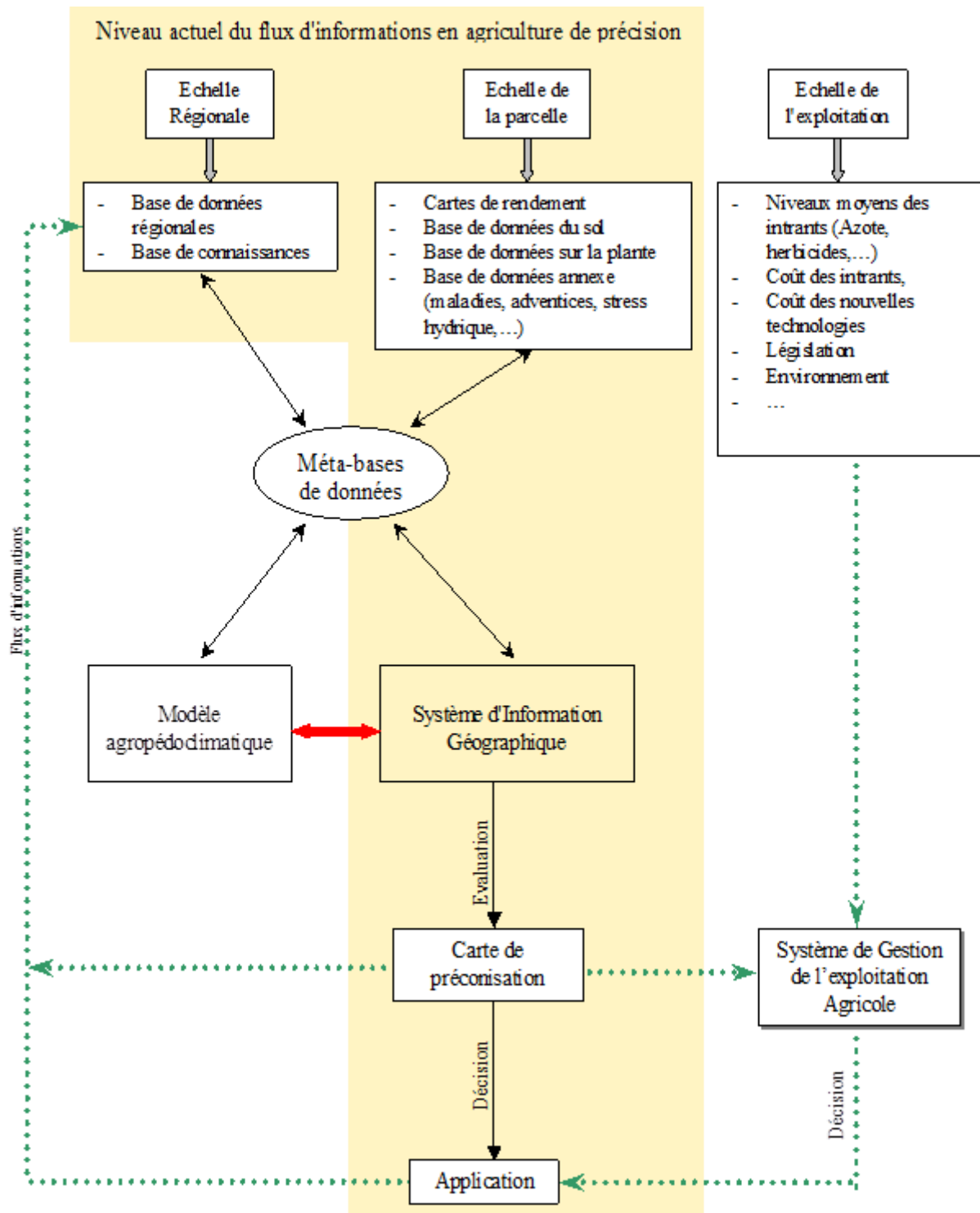


Fig.10 : Intégration de l'agriculture de précision dans un système de gestion globale de l'information au sein d'une exploitation agricole (flux de l'information).

III.5. Le Satellite Landsat :

Le programme Earth Resources Technological Satellite (ERTS) utilisant les satellites ERTS-1 dont le nom a été transformé en LANDSAT (Land Satellite) est dû à la NASA. Depuis 1978 le programme américain de télédétection est exploité par une société privée américaine (EOSAT). Le premier satellite a été placé sur une orbite assez basse de 900 Km d'altitude. Il emportait à son bord le scanner mécanique MSS (Multi-Spectral Scanner) d'une résolution spatiale de 80 mètres et d'une résolution spectrale couvrant 04 bandes spectrales (longueurs d'ondes du vert et du rouge dans le visible visible; le proche et le moyen infrarouge), ainsi que 03 caméras RBV (Return Beam Vidicon) enregistrant l'information dans les longueurs d'ondes du visible et du proche infrarouge avec une résolution spatiale proche de celle de MSS.

Landsat 1, envoyé le 22 juillet 1972, a fonctionné jusqu'au 06 janvier 1978, le 05 novembre 1975, Landsat 2 est lancé. Presque identique à son prédécesseur, il permet de doubler la fréquence de passage au-dessus d'un même point. Il a fonctionné jusqu'au 27 juillet 1983, puis des anomalies ont affecté ses capteurs. Landsat 3, lancé le 05 mars 1978, n'a plus fourni de données après le 07 septembre 1983 à la suite d'une panne dans le dispositif de balayage.

Avec le lancement des satellites Landsat 4 le 16 juillet 1982 et Landsat 5 le 1er mars 1984, des changements notables apparaissent : Les caméras RVB sont abandonnées au profit du nouveau Scanner TM à plus haute résolution spatiale (30 mètres), possédant 07 bandes spectrales (du bleu à l'infrarouge lointain).

Landsat 4, n'émet plus de données TM depuis février 1983. Landsat 5 fonctionne sans problème. Landsat 6, lancé le 05 octobre 1993, s'est écrasé en mer lors du lancement. Landsat 7 a été lancé avec succès le 15 avril 1999 et fournit jusqu'à ce jour des données. Il emporte à son bord le scanner ETM+.

Les satellites 1 à 5 n'ayant pas d'enregistreur embarqué, les données sont envoyées en temps réel aux stations de réception, quand il ne peut y avoir de liaison directe. Les informations sont envoyées par des relais en utilisant des satellites de communication TDRS (Tracking and Data Relay Systems). Pour Landsat 7, il y a possibilité d'enregistrement à bord. De 1986 jusqu'à récemment les produits étaient commercialisés par la société EOSAT. La diffusion des produits LANDSAT 7 doit être assurée par L'US Geological Survey (USGS).

III.5.1. Rôle :

Le satellite Landsat7 (ETM+) est actif depuis 1999. Ces premières images sont disponibles depuis octobre 1999. Ce satellite offre une couverture mondiale avec des images de 15 mètres de résolution en mode panchromatique, et 30 mètre en mode multi-spectrale (06 bandes).

Conclusion et Perspectives :

Très certainement comme cela s'est produit aux Etats-Unis, au Canada, en Australie et dans certains pays européens, plus récemment l'agriculture de précision va progressivement se développer en Algérie, même si les objectifs recherchés peuvent différer légèrement ou peut-être même de manière plus tranchée compte tenu du niveau de découpage de notre parcellaire agricole.

Quoi qu'il en soit, l'agriculture de précision devra toujours chercher à optimiser la gestion des parcelles, à la fois d'un point de vue économique et environnemental, en tenant compte de la variabilité spatiale à l'intérieur des parcelles ou entre parcelles. En pratique, c'est apporter la bonne dose au bon endroit, le tout au bon moment en fonction de l'échelle de travail.

La constitution, par l'agriculteur ou par tout autre prestataire de service, de bases de données et de bases de connaissances intra-parcellaires sur les paramètres agronomiques est un passage obligé dans l'agriculture de précision. Les avancées majeures de celle-ci seront notamment liées à la prise en compte des points suivants :

*l'agriculture de précision peut être qualifiée « d'agriculture de l'information », la masse de données générées par ces nouvelles technologies doit donc être contrôlée et validée. Le niveau de précision de chaque donnée doit également être connu ;

*toutes les données collectées doivent être stockées et archivées pour tenir compte de la contrainte spatio-temporelle. C'est la constitution d'une base de données sur la parcelle et sur plusieurs années qui doit permettre de comprendre l'hétérogénéité, engendrant ainsi les modulations intra-parcellaires ;

*la mise en place de références et de bases de connaissances à une échelle régionale s'avère nécessaire afin de coupler les cartes (par exemple les cartes de rendement) à des modèles "agropédoclimatiques" pour le suivi du développement et de la croissance des cultures, constituant par la-même un véritable outil d'aide à la décision ;

*l'agriculture de précision impose le partage, collectif ou individuel, de nombreuses informations entre différents systèmes d'informations et cela doit se faire sans contrainte pour l'agriculteur.

Parallèlement à la problématique des flux et de la gestion des données, et après avoir pris l'avis d'un agriculteur Mr. Gacem Nadir, l'agriculture de précision et les nouvelles technologies qui lui sont associées ne s'affirmeront en Algérie que si l'agriculteur en reçoit un bénéfice que ce soit au niveau économique, au niveau du rendement ou au niveau de l'environnement.

Et par conséquent, l'agriculture de précision a de meilleurs avantages par rapport aux anciens systèmes car elle permet à l'agriculteur d'avoir moins de tâches donc moins de main d'œuvre ce qui implique une diminution des dépenses et d'avoir un bon rendement.

Même si l'agriculture de précision ne s'applique qu'à la parcelle, elle n'a de sens que si on l'intègre dans les processus de gestion technico-économique de l'exploitation agricole.

Au-delà des aspects liés aux rendements de la culture, la gestion parcellaire offerte par l'agriculture de précision introduit l'aspect qualité d'un produit et la traçabilité des travaux culturaux. Ces besoins deviennent de plus en plus évidents dans la perspective du développement d'une agriculture durable. L'objectif d'une traçabilité réside notamment dans le suivi précis des applications d'intrants. Ce suivi s'avère nécessaire vis-à-vis de la législation (santé publique, environnement), dans un contrat de qualité entre les producteurs et les distributeurs ou pour l'obtention de labels. Il implique un archivage de données qui répondent aux normes de qualité (normes ISO) applicables dans d'autres secteurs de l'activité économique.

Enfin de nouveaux domaines de recherches et d'application sont envisageables pour ces "technologies de précision", en particulier l'intégration de l'agriculture de précision et des techniques de gestion de l'information dans un système global de management d'une exploitation agricole. Pour cela lors de cette étude embryonnaire touchant l'application de ces nouvelles technologies (GIS

technologies and sensing data) à notre agriculture qui demeure un domaine vierge à exploiter sachant que l'université de Tiaret dispose actuellement d'un projet contractualisé « ERASMUS –CUPAGIS- CBHE » avec l'union européenne. Dans ce contexte, il est utile d'en profiter de ce projet et d'étayer davantage ce travail afin d'en tirer des applications pragmatiques sur terrain.

*Références
bibliographiques*

- BARRIOSE, E., CALUET, R., BEDOS, C., BENOTT, P., CHARNAY, M P., COQUET, Y. 2005.** Les pesticides dans le sol, conséquences agronomiques et environnementales, France édition, France agricole, P637.
- BAISE, D., JABIOL, B. 1995.** Guide pour la description des sols. Coll. Techniques et pratiques INR édition Paris.
- Boisgontier, D., (2000).** *La mise en œuvre de l'agriculture de précision.* In : actes du colloque UMR Cemagref-ENESAD, 29-30 mai 2000, Dijon (France).
- CHOGNARD, SEBASTIEN. 2013.** Drone et agriculture, Thèse d'ingénieur agronome, Institut National Polytechnique de Toulouse, P.06.
- DUCHAUFOR, P. 1997.** Abrégé de pédologie : sol, végétation, environnement. Masson, Paris
- DUCHAUFOR, P. 2001.** Introduction à la science du sol. Sol, végétation, environnement. Dunod, Paris. P331
- DIAKITE IBRAHIMA. SAMAKE ALIOU. 2009-2010.** Le développement de l'agriculture en Algérie. Thèse d'ingénieur d'état en science agronomique.
- FRANÇOISE NÉRON. 2014.** Petit précis d'agriculture. 2^e édition. P34.
- Grenier, G., ET Steffe, J.; (1999).** *Information System for farms using Precision Agriculture techniques and EDI standards.* In : EFITA 99, second conference of the European Federation for Information Technology in Agriculture, Food and the Environment, 27-30 septembre 1999, Bonn (Allemagne).
- HENRI GONDÉ. GEORGE CARRÉ. PHILLIPE JUSSIAUX. 1968.** Cour d'Agriculture Moderne. P56-65.
- JEAN-MICHEL GOBAT. MICHEL ARAGNO. WILLY MATTHEY. 2003.** Le sol vivant. 3^e édition.
- MOUSSA OUGRINE.** Contribution des images ETM+ de Landsat7 à la mise à jour Cartographique
- PHILLIPE PERVOST. 1997.** Les bases de l'agriculture 2^e édition. P16-27.
- ROBERT DIHEL. 1975.** Agriculture générale. 2^e édition. P8-9.

Résumé :

La modernisation de l'agriculture s'est traduite par un emploi accru d'énergie et d'intrants (engrais, eau,...etc.) qu'il faut aujourd'hui mieux gérer pour en optimiser l'usage et limiter les risques pour l'homme et l'environnement. Cette problématique a donné naissance à l'agriculture de précision, nouvelle approche de l'agriculture, fondée sur l'intégration des technologies de l'information et de la communication et dans laquelle le milieu (relief, sol, couvert végétal ...) est caractérisé dans toute sa variabilité spatiale et non ramené de façon classique à un ensemble homogène. Le processus de production peut ainsi être piloté localement et optimisé pour chacune des interventions culturales : travail du sol, semis, fertilisation ... L'agriculture de précision, s'implante aujourd'hui dans les principaux pays agricoles européens, via la cartographie de rendement en production céréalière. Ce mémoire fait le point des méthodes et outils associés à l'agriculture de précision : la mesure de la variabilité du milieu, le système de localisation GPS, la gestion des informations, la prise de décision et enfin les matériels d'application modulée. Si le mouvement amorcé semble inéluctable, il reste de nombreux freins à lever, impliquant notamment la recherche agronomique et technologique, pour favoriser la diffusion de ce concept au sein du monde agricole.

L'agriculture en Algérie, constitue un secteur extrêmement important de l'économie nationale, elle couvre une grande partie du territoire national, par conséquent elle devient projet d'avenir pour le pays. Il est donc primordial d'introduire l'agriculture de précision qui peut fournir un support important qui facilitera les pratiques agricoles et qui peut moderniser et remplacer certaines techniques traditionnelles.

D'après notre étude, l'agriculture de précision pourra être applicable dans le futur proche en Algérie.

Abstract:

The modernization of agriculture has led to an increasing use of energy and amendments (fertilizer, water... etc.) that today need to be better managed in order to optimize their use and to restrict the risks for men and the environment. This problem has given birth to the accuracy farming, which is a new approach of agriculture, based on the integration of information and communication technologies and in which the medium (topography, soil, and ground cover) is characterized by its whole spatial variability and not treated as a homogeneous medium. The production process may be locally monitored and optimized for each farming intervention: work on the soil, seeding, fertilization... Accuracy farming, now appears in the main farming European countries, via the mapping of cereal production yield. This dissertation summarizes the methods and tools related to accuracy farming: measurement of the medium variability, DGPS localization system, information management, decision making and, finally, modular application tools. Even though this trend seems irreversible, several hurdles still need to be handled, especially those related to agronomic and technological research, in order to ease the spreading of this concept throughout the agricultural world.

Agriculture in Algeria constitutes an extremely important sector of the national economy, it covers a large part of the national territory, therefore, agriculture becomes future project for the country after hydrocarbons. It is therefore essential to introduce precision agriculture that can provide important support that can facilitate agricultural practices and modernize or replace some traditional techniques.

According to our review, precision agriculture may be applicable in the near future in Algeria.

ملخص:

أدى تحديث الزراعة إلى زيادة استخدام الطاقة والمدخلات (الأسمدة والمياه وما إلى ذلك) التي يجب اليوم إدارتها بشكل أفضل لتحسين استخدامها والحد من المخاطر التي يتعرض لها الإنسان والبيئة. ولدت عن هذه المشكلة الزراعة الدقيقة، وهو نهج جديد للزراعة، يقوم على تكامل تكنولوجيا المعلومات والاتصالات وفي الوسط البيئي (تضاريس، التربة والغطاء النباتي، وما إلى ذلك) الذي يتميز بالتغير المكاني ولا يتجدد بطريقة تقليدية إلى مجموعة متجانسة، وبالتالي يمكن إدارة عملية الإنتاج محليا وتحسينها لكل من التدخلات التالية: الحرث، الزرع والتسميد.... تجري الزراعة الدقيقة الآن في البلدان الزراعية الأوروبية الرئيسية، من خلال خرائط عائد إنتاج الحبوب، تستعرض هذه المذكرة الأساليب والأدوات المرتبطة بالزراعة الدقيقة: قياس تقلبات الوسط البيئي، نظام خدمة المواقع، إدارة المعلومات، اتخاذ القرارات وأخيرا أجهزة تطبيق معدلة. إذا بدت الحركة امرا لا مفر منه، فلا تزال هناك العديد من العوائق التي يجب إزالتها، لا سيما البحث الزراعي والتكنولوجي، لتعزيز نشر هذا المفهوم في العالم الزراعي.

تعتبر الزراعة في الجزائر قطاعا مهما للاقتصاد الوطني، فهي تغطي جزء كبير من التراب الوطني، وبالتالي تصبح مشروع المستقبل. لذلك يكون من المستحب ادخال الزراعة الدقيقة التي يمكنها ان توفر دعما مهما لتسهيل الممارسات الزراعية والتي يمكنها تحديث او استبدال بعض التقنيات التقليدية.

وبحسب دراستنا، فإن الزراعة الدقيقة قابلة للتطبيق في المستقبل القريب في الجزائر.