

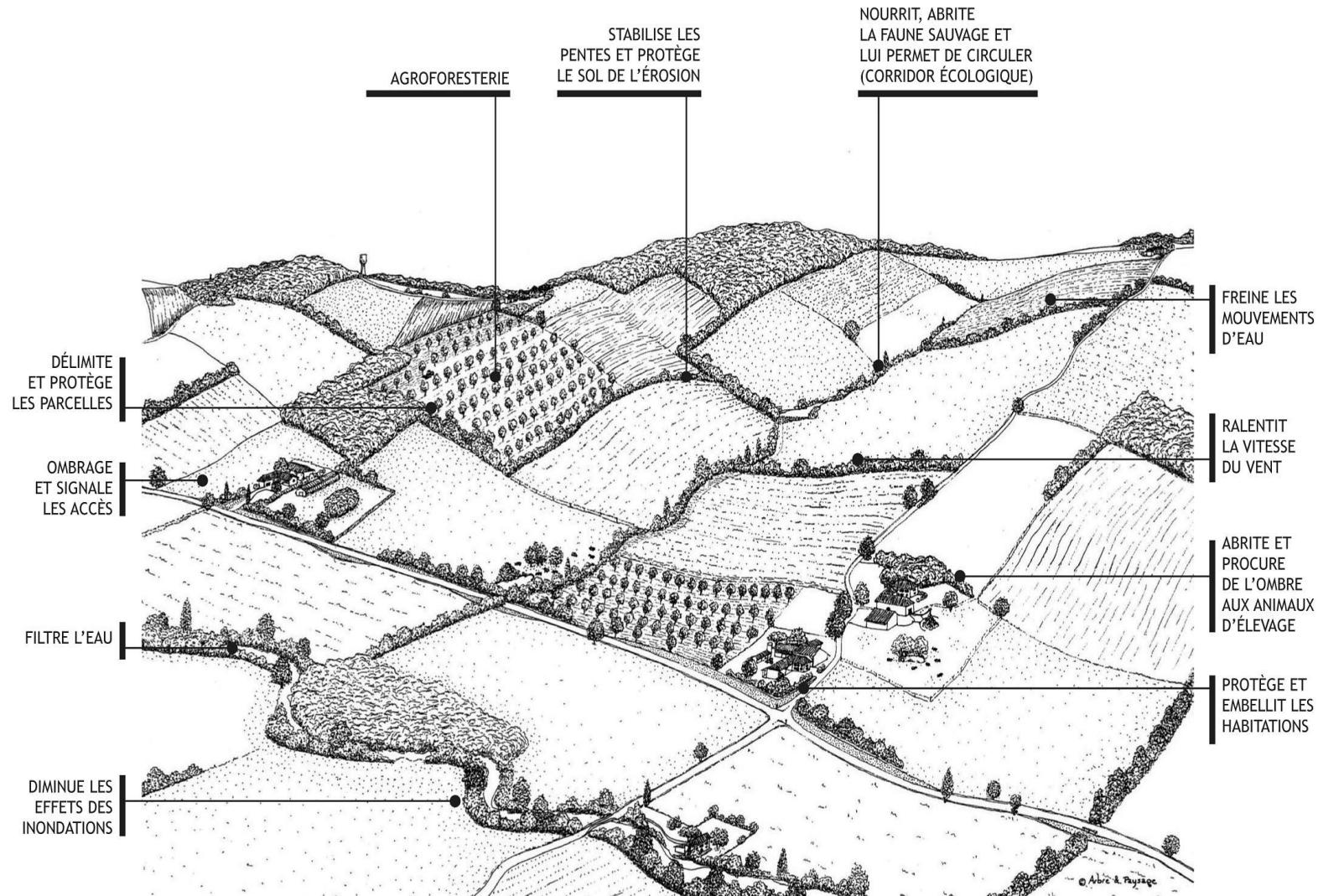
**Concevoir une ferme
autour
de vergers-maraîchers agroforestiers**

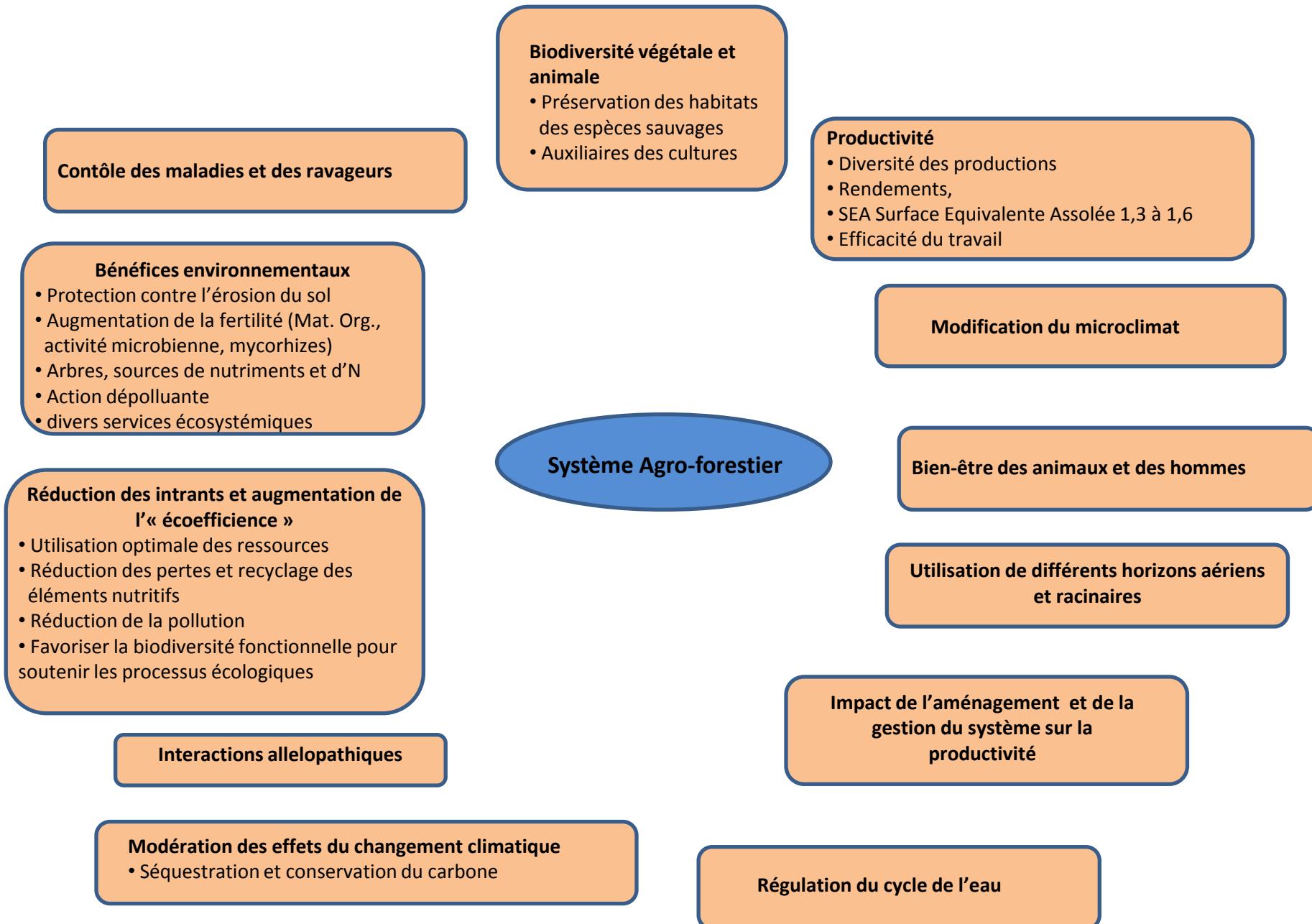
09 Octobre 2012

André Sieffert

GRAB – GRCIVAM PACA

Intérêts des aménagements agroforestiers





Objectif Général

Conception de systèmes vergers maraîchers
permettant de réaliser un compromis entre

L'acceptabilité et l'optimisation socio-technique et économique
des systèmes de production

et

La maximisation des régulations naturelles des bioagresseurs (via augmentation
de la biodiversité, méthodes de culture, densité d'arbres, choix du matériel
végétal et des rotations,...)

Objectifs fondamentaux

- maximiser la biodiversité (floristique et animale ; auxiliaires ; polliniseurs ;...)
- augmenter la diversité des cultures (cultures pérennes/cultures annuelles; fruits/légumes/volaille,...) ;
- optimiser la qualité du sol (vie et structure du sol ; fertilisation; diminution du travail du sol; couverture du sol; BRF ; méthodes de semis sur couvert végétal ; ...)
- optimiser les conditions de production : réduire les maladies et les parasites; diminuer les intrants (phytos ; eau ; augmenter l'autofertilité du système de culture ; ...) ; optimiser revenu / charges / organisation du travail ; ...
- optimiser le micro-climat de l'agro-écosystème : augmenter la résilience des systèmes de culture et diminuer l'incidence des aléas climatiques, notamment ceux liés à la sécheresse ;
 - développer des outils de conception de systèmes complexes intégrant plusieurs productions (simulation en termes de revenus, charges, temps de travail, transformation, mode de commercialisation,...) ;

Hypothèses

Hypothèse 1 : Le système verger maraîcher (associant arbres fruitiers, arbres et arbustes champêtres et cultures annuelles) permet d'amplifier le fonctionnement écologique de l'agroécosystème

Hypothèse 2 : Le système verger maraîcher permet d'augmenter la biodiversité du système de production

Hypothèse 3 : La diversification des cultures, notamment l'association cultures pérennes/cultures annuelles permet d'augmenter la productivité et d'améliorer la gestion du risque

Hypothèse 4 : La diversification des cultures en verger maraîcher permet d'améliorer les conditions de production

Hypothèse 5 : La diversification arbres/cultures maraîchères/PPAM associée à des méthodes de soins biologiques préventifs permet de contrôler les maladies et le parasitisme et de réduire, voire de s'affranchir, des traitements phytosanitaires classiques en maraîchage et en arboriculture

Hypothèse 6 : La diversification en verger maraîcher associée à des méthodes de culture adaptées permet d'optimiser la qualité et la fertilité du sol

Hypothèse 5 : La diversification arbres/cultures maraîchères/PPAM associée à des méthodes de soins biologiques préventifs permet de contrôler les maladies et le parasitisme et de réduire, voire de s'affranchir, des traitements phytosanitaires classiques en maraîchage et en arboriculture	
Hypothèse 5.1 : La diversification permet de favoriser les régulations naturelles et de diminuer l'usage des produits phytosanitaires	
Hypothèse 5.2 : La rusticité et la résistance des variétés est la première priorité pour préserver une résistance élevée aux maladies et aux parasites	
Hypothèse 5.3 : Le choix de porte-greffes plus vigoureux augmente la longévité des arbres et permet de diminuer la sensibilité aux maladies et aux parasites	
Hypothèse 5.4 : Une distance plus grande entre arbres fruitiers permet de limiter la concurrence avec un meilleur développement racinaire et foliaire et est susceptible de diminuer les problèmes phytosanitaires	
Hypothèse 5.8 : L'état du sol (structure, fertilité, non-compaction) et une fertilisation à base de fumier composté conditionnent la santé des arbres fruitiers et leur résistance aux maladies et aux parasites	
Hypothèse 5.5 : Le traitement préventif avec des substances naturelles et des produits à base de plantes (extraits fermentés, aromathérapie, élixirs floraux,...) permet de renforcer la santé des plantes et leur capacité de résistance aux maladies et aux parasites	
Hypothèse 5.6 : La diversification des espèces et des variétés sur la ligne d'arbres et entre deux lignes proches permet de diminuer les risques de transmission et de propagation des maladies et des parasites	
Hypothèse 5.7 : Certaines associations de cultures maraîchères permettent de diminuer les maladies et les parasites	
Hypothèse 5.9 : L'élevage de volailles (notamment les poules) associé à l'arboriculture et au maraîchage permet une régulation sanitaire du système de culture (élimination de fruits pourris à terre ; contrôle de parasites dont une partie du cycle de développement se fait dans le sol,...)	

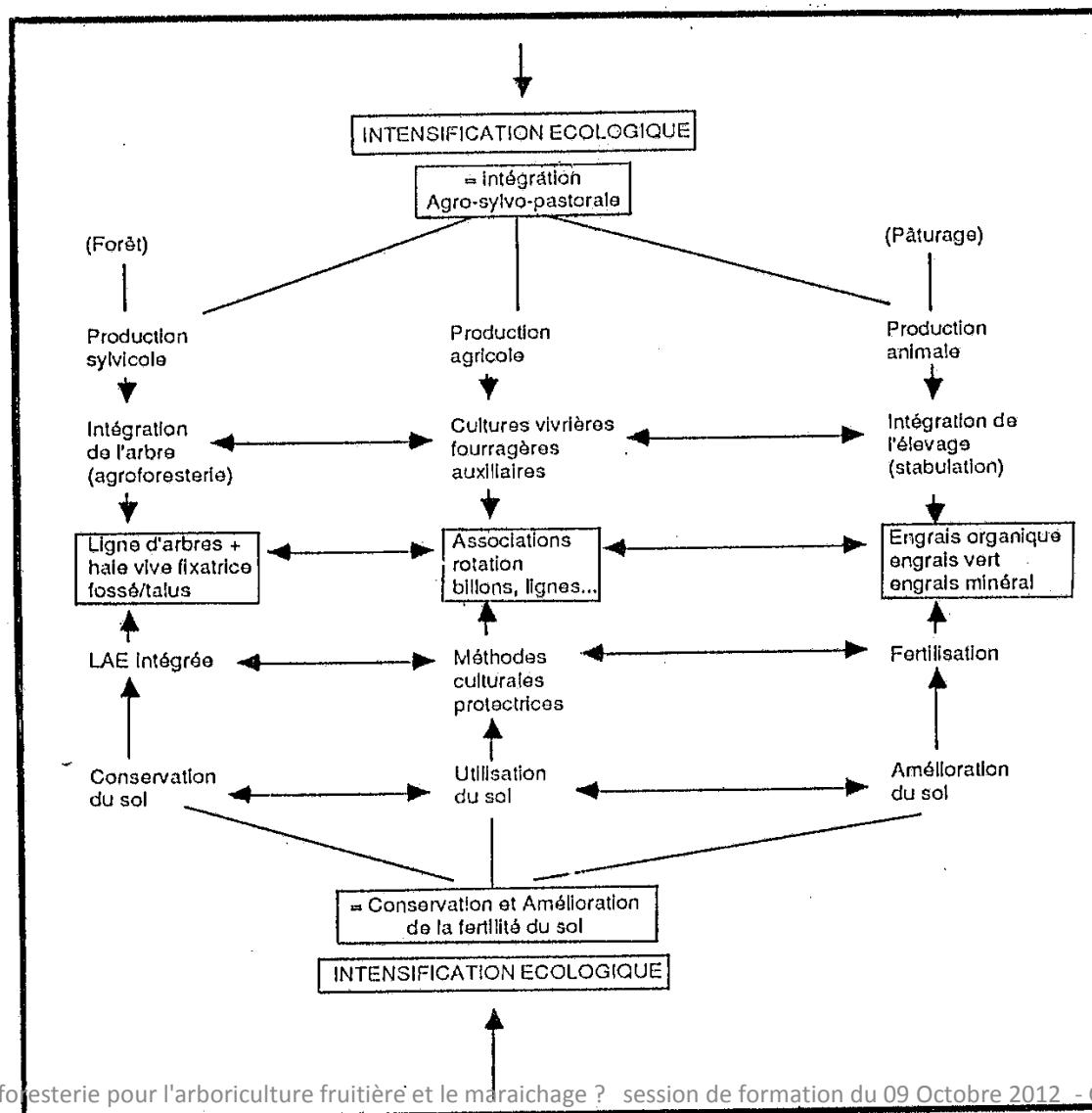
Hypothèse 6 : La diversification en verger maraîcher associée à des méthodes de culture adaptées permet d'optimiser la qualité et la fertilité du sol	
Hypothèse 6.1 : L'association des arbres avec les cultures annuelles permet d'améliorer la qualité du sol à travers le puisage d'éléments minéraux en profondeur par les arbres et le recyclage des éléments dans la litière constituée par les feuilles des arbres	
Hypothèse 6.1.1 L'association des cultures annuelles avec des arbres fixateurs d'azote contribue à l'enrichissement du sol en azote	
Hypothèse 6.2 : Des méthodes de travail superficiel du sol combinées à la fertilisation (fumier composté) et/ou à l'apport de matière organique (Bois Raméal Fragmenté (BRF), mulch d'herbes sèchées,...) permettent d'améliorer la qualité et l'activité biologique du sol	
Hypothèse 6.3 : L'utilisation de préparations à base de plantes combinée à l'utilisation de plantes de couverture permet de restaurer un sol déséquilibré	
Hypothèse 6.4 : Le développement racinaire et la qualité du sol au pied des arbres fruitiers sont améliorés	

Principes de Gestion

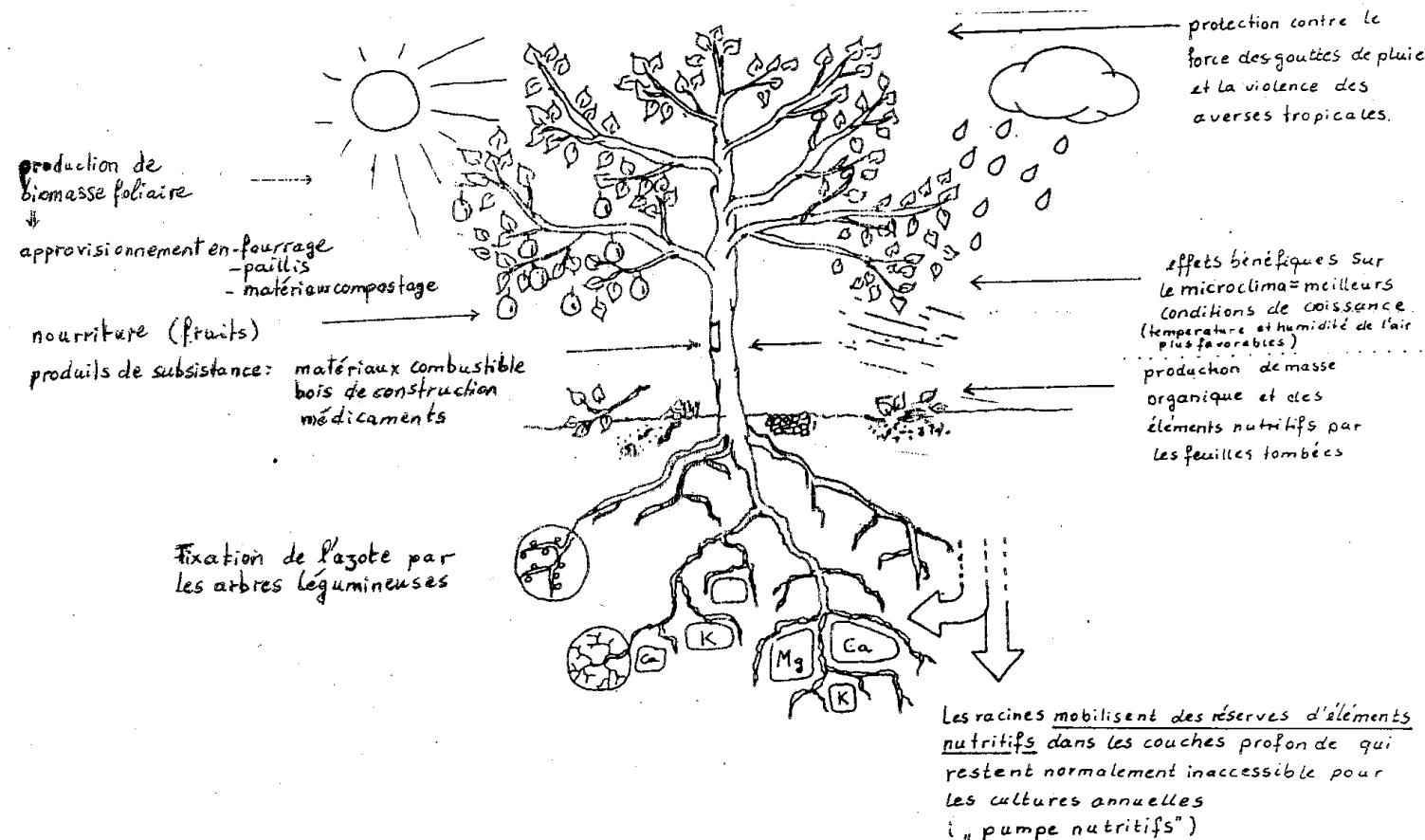
du

verger-maraicher agroforestier

Figure 3: Théorie de l'intensification écologique: les buts de la stabilité et de la diversité sont atteints grâce à la conservation et l'amélioration du sol et à partir de l'intégration agro-sylvo-pastorale (d'après Egger, 1987).



Le rôle essentiel d'un arbre dans
le système agroforestier



Effets sur le micro-climat

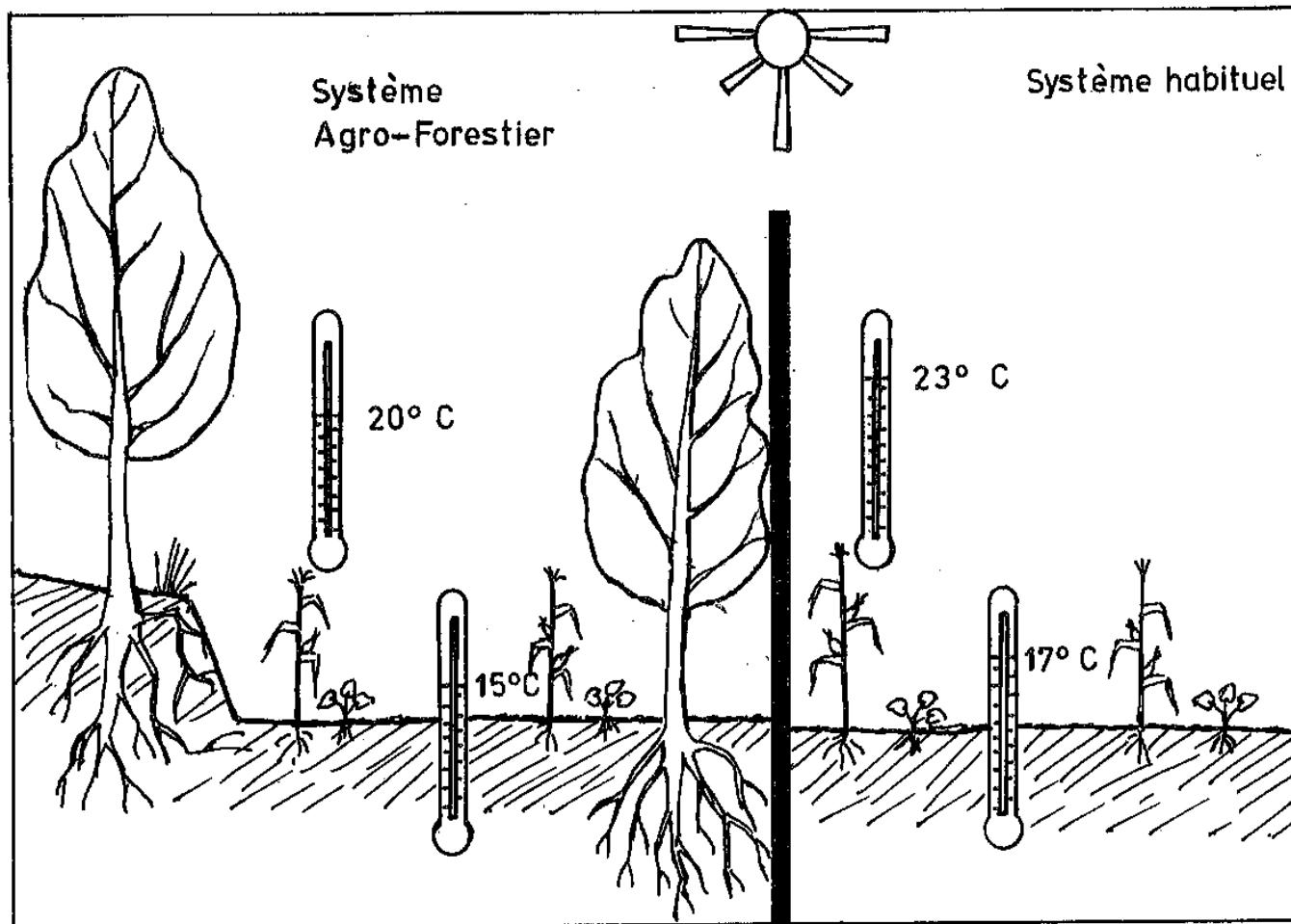


Figure 3: Températures avec et sans association d'arbres

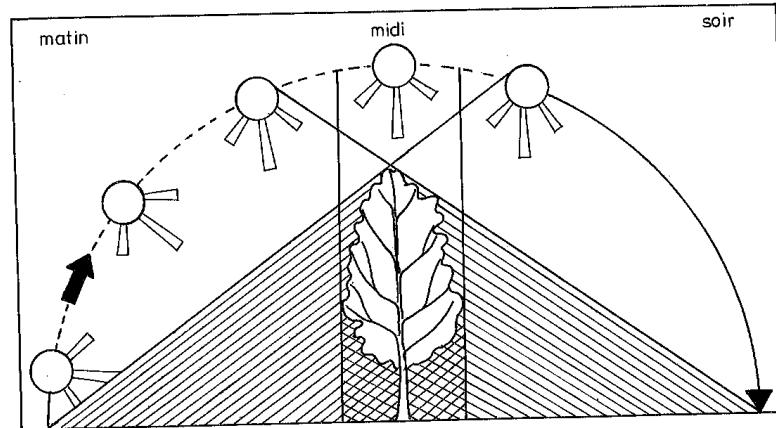


Figure 13: Conditions d'ombrage au cours de la journée

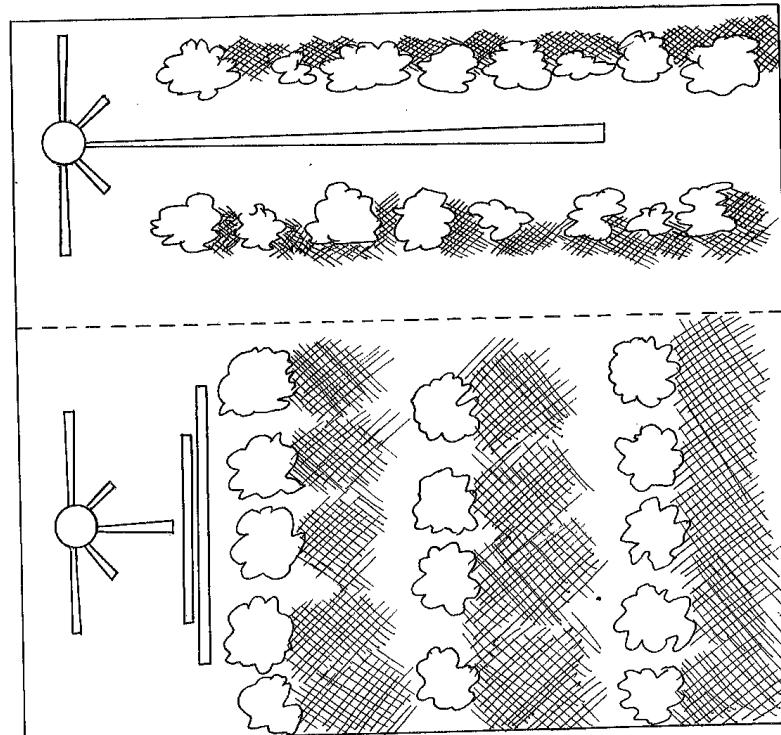


Figure 14: Conditions d'éclairage dans le champ lors d'orientation différente
 a) parallèlement à la trajectoire solaire
 b) obliquement par rapport à la trajectoire solaire

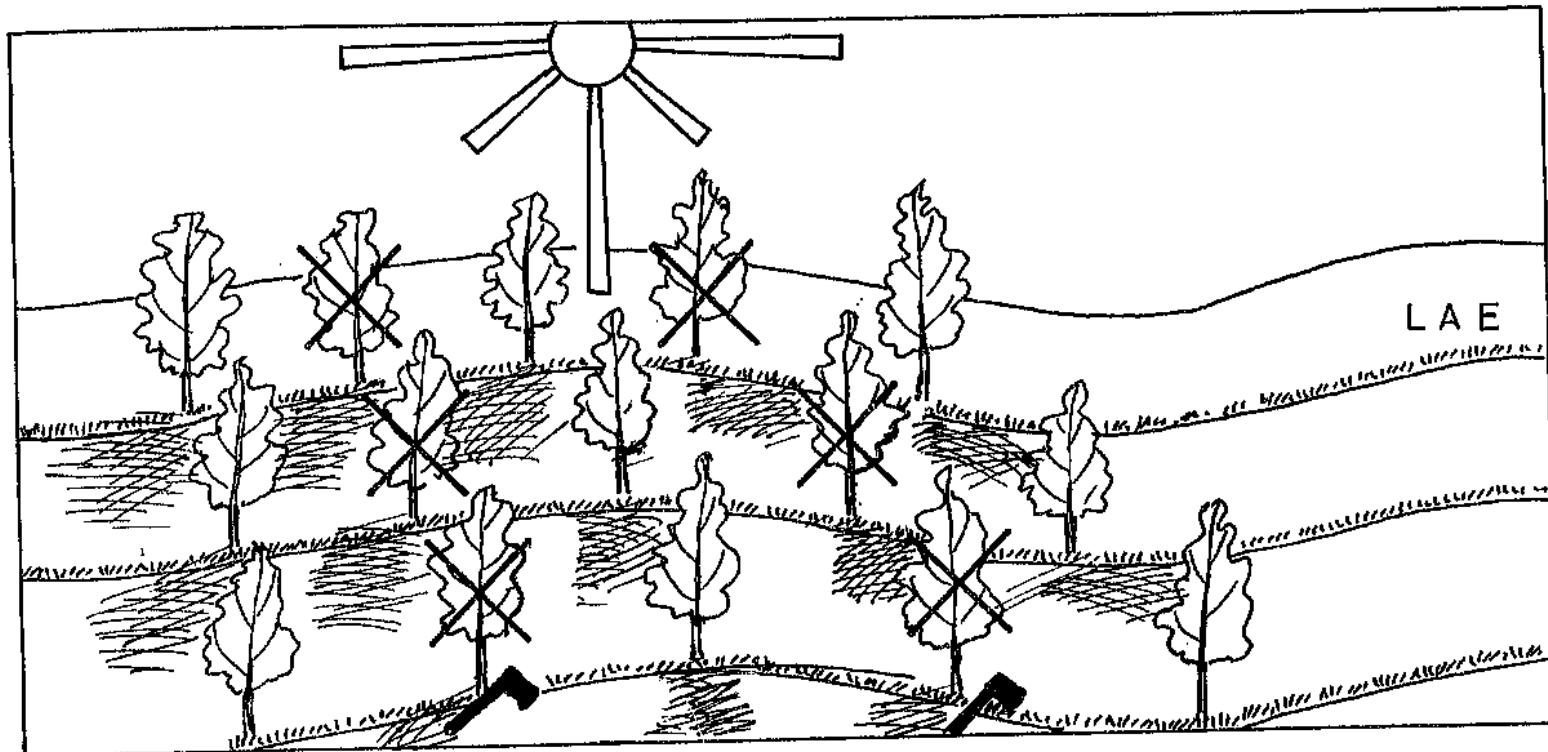


Figure 15 b: Coupes d'éclaircie pour l'aménagement de trouées de lumière dans le couvert

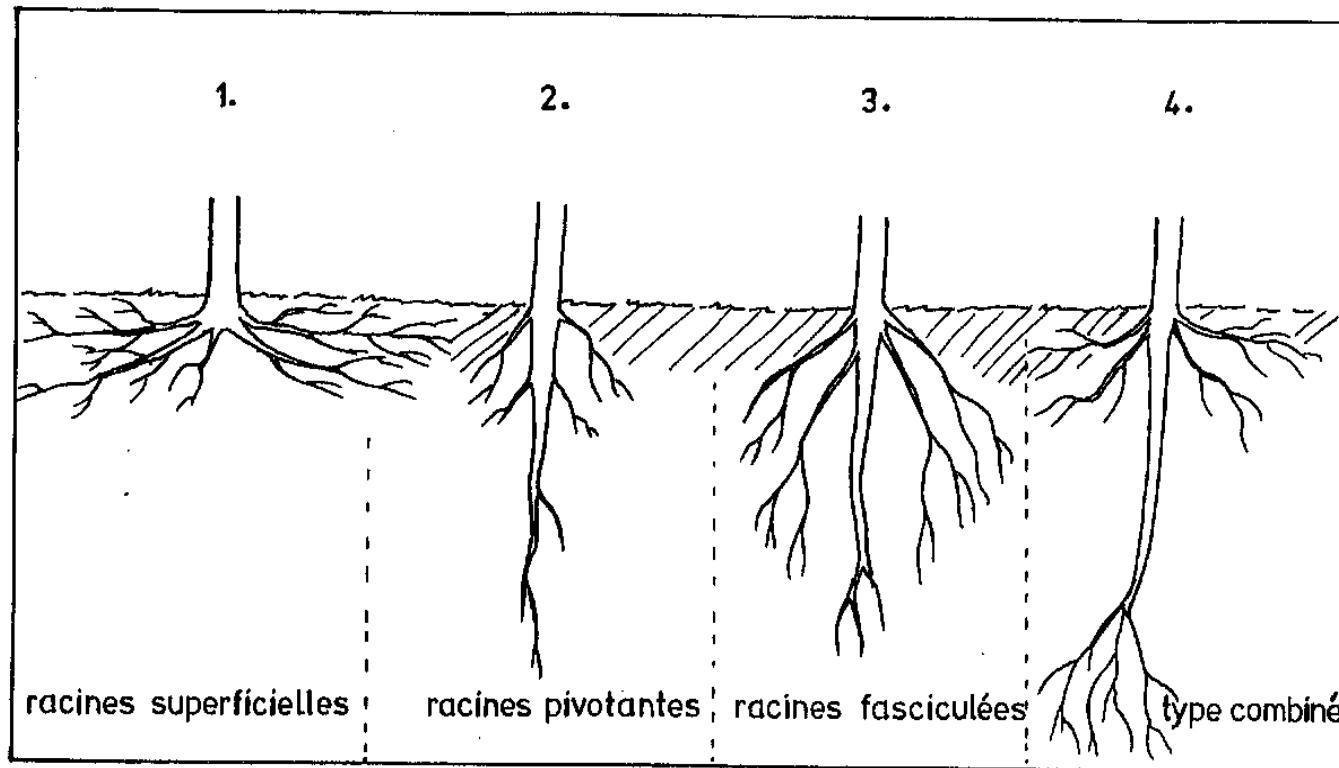


Figure 6: Formes différentes de systèmes radiculaires d'arbres

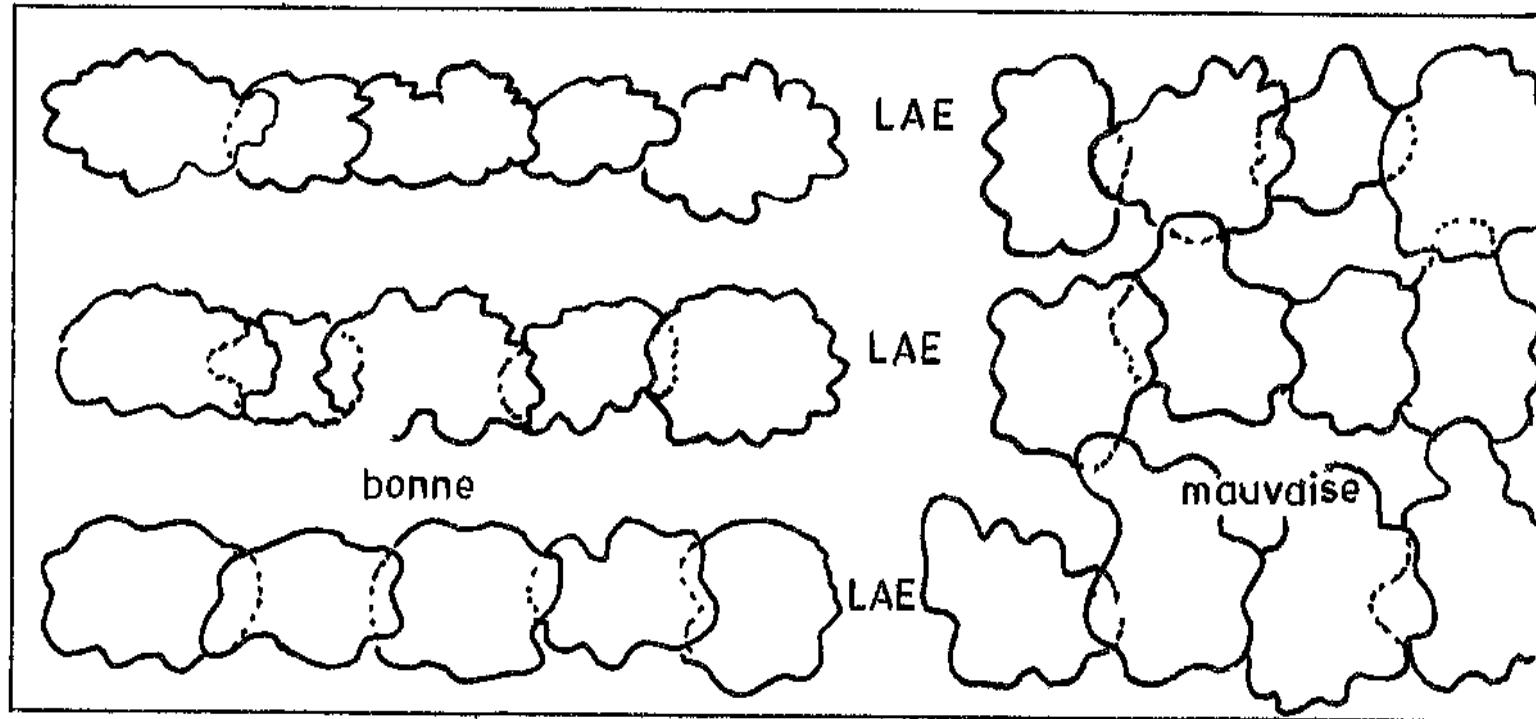


Figure 25: Eviter la fermeture du couvert par élagage

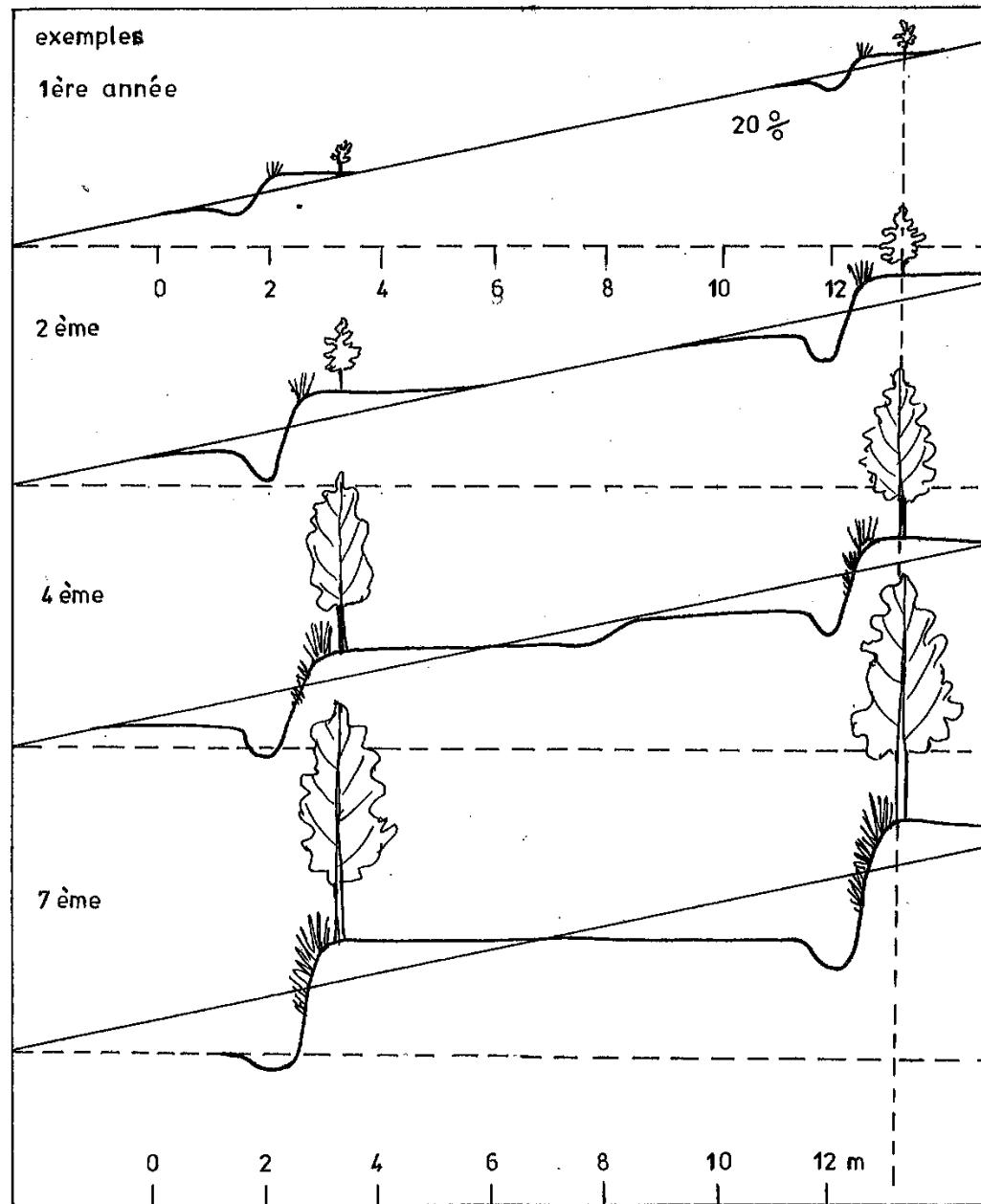


Figure 10: Formation de terrasses et fixation des talus à l'aide d'arbres

Diagnostic écologique et agronomique



Quels apports de l'agroforesterie pour l'arboriculture fruitière et le maraîchage ? session de formation du 09 Octobre 2012 - GRAB - GR CIVAM PACA

Diagnostic initial du sol, floristique, oiseaux et arthropodes

• Données pédologiques

• Sol Limono-Argilo-Sabloneux à bon potentiel structural s'il est protégé (jamais à nu)

• MO totale supérieure à 2 % avec accumulation de MO archaïque

• N total : présence d'azote correcte d'environ 0,2%

• CACO3 très élevé

• pH élevé supérieur à pH 8

• Les sols ont un bon potentiel (texture L-A-S ; présence d'N et de MO) que les mises en culture passées ont dégradés (cultures successives sans protection du sol en pépinière fruitière et d'ornement) ; ce type de sol a tendance à se compacter s'il n'est pas couvert d'une végétation pour entretenir la grumelosité ;

• Problème de nappe perchée par endroits avec des traces de fer oxydé lié au tassemement du sol.

• Diagnostic floristique

Deux plantes dominantes : Avoine barbue (*Avena barbata*) et Brome stérile (*Bromus sterilis*)

Bilan :

• Friche à Graminées annuelles dont certaines parties sont dans une dynamique vers une communauté frutescente (arbustive) et d'autres avec une faible présence de Graminées pérennes qui commencent à coloniser le milieu ;

• Le tapis de brôme stérile en décomposition est très épais et ne permettrait pas de faire du travail simplifié ou du semis sur couvert végétal ;

• Les plantes dominantes sont indicatrices de sols compactés, engorgés en MO ;

• Oiseaux

La diversité est faible. On trouve dix neuf espèces, avec un ou deux couples par espèce, localisées préférentiellement dans la partie nord et dans les haies sur la périphérie du site. Aucune espèce identifiée dans la partie sud.

• **Arthropodes** : Très faible présence d'arthropodes dans les haies. (commentaires à venir)

Préconisations

• Prévoir une phase conséquente (2-3 ans) de restauration de la biodiversité (mise en place des infrastructures écologiques) et des sols (régénération de la biologie et de la structure des sols) : le capital a été consommé il faut donc y investir du temps et de l'argent à prendre en compte dans le montage du projet selon Thierry Dutoit → Des agriculteurs en installation ne pourraient pas porter le coût de cette phase ;

• Décompacter le sol avant mise en culture pour les arbres et les cultures annuelles ;

• Introduire plus de graminées pérennes avec des mélanges Légumineuses/Graminées ;

• Travailler au maximum avec des couverts végétaux.

• Il faudra aussi analyser les résidus de pesticides qui sont très rémanents.





Sol sain

	pH eau	pH KCl	Conductivité (exemple de gradient)
parcelle 6			
Prof. (cm)			
0	8,15	7,57	3
20	8,08	7,52	2
50	8,26	7,67	1
parcelle 9			
Prof. (cm)			
0	8,18	7,66	230
20	8,26	7,71	280
50	8,39	7,81	
Parcelle 2 (trou 2a)			
Prof. (cm)			
0	8,14	7,8	
20	8,3	7,91	
50	8,35	7,98	

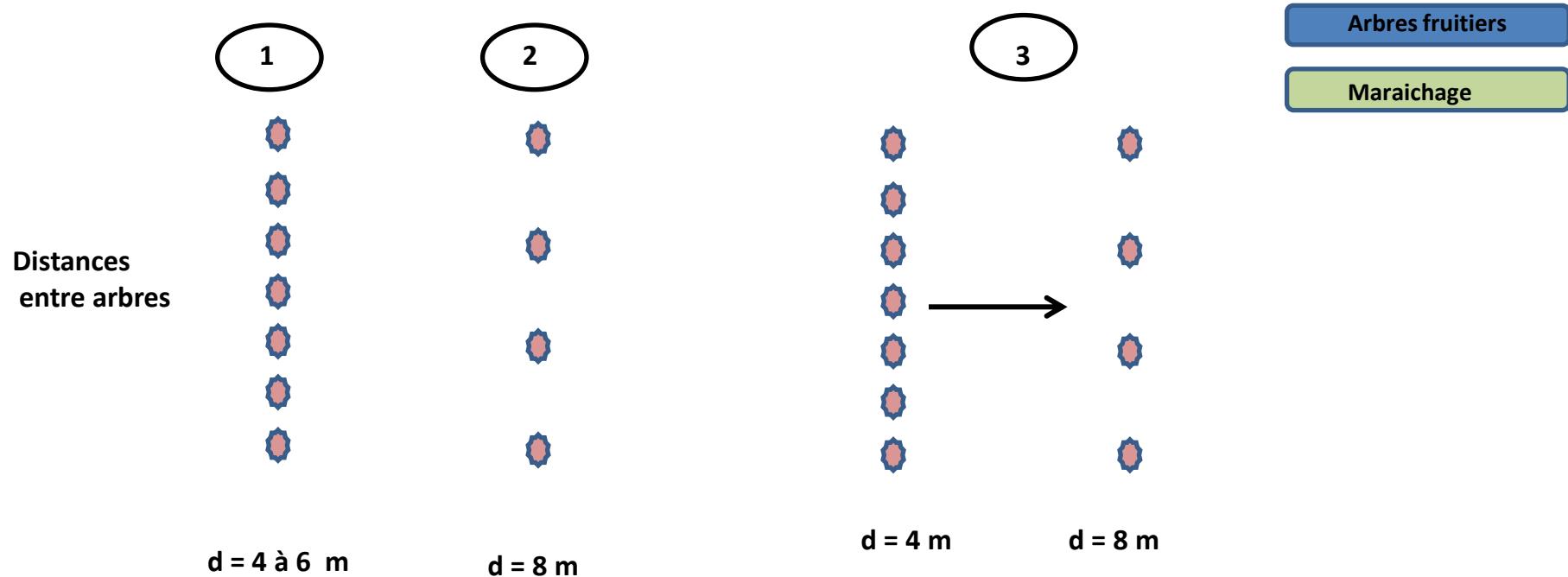
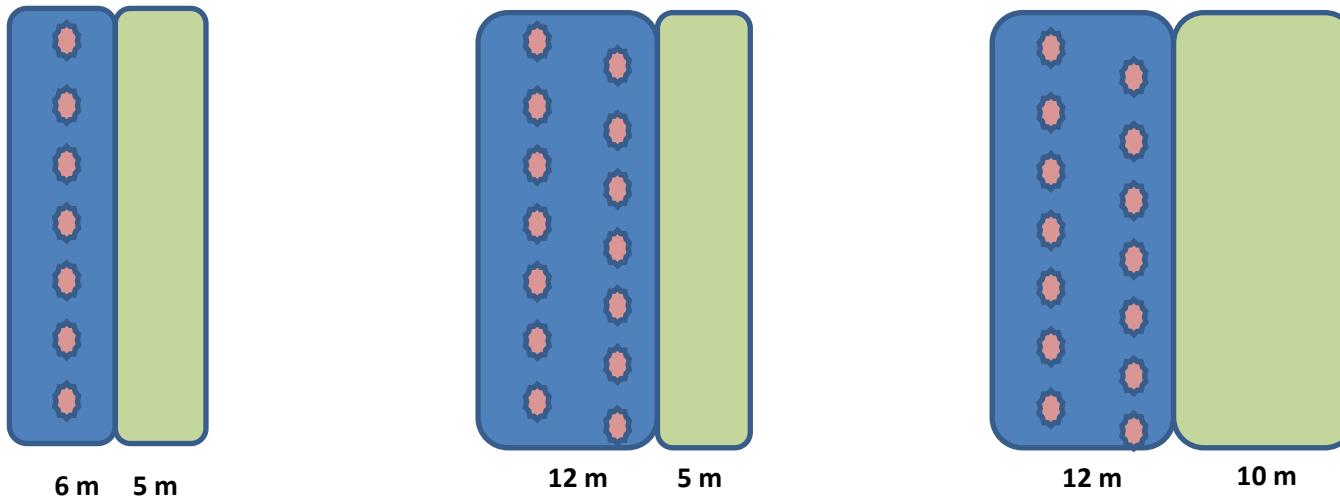
Milieu alcalin très oxydé à la Durette

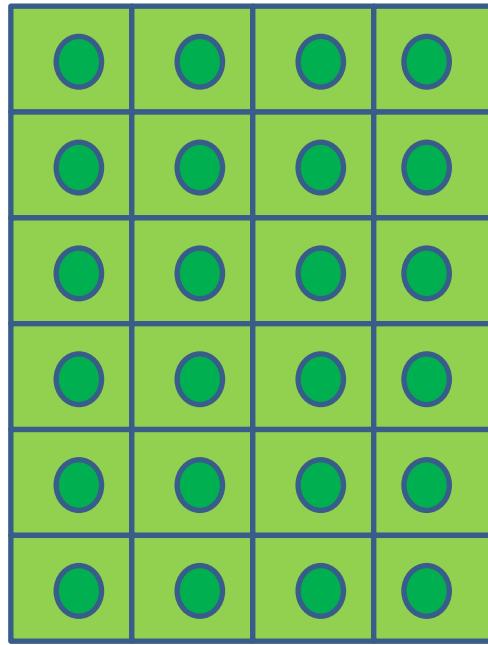
favorable à :

- oïdium
- mildiou
- tavelure
- pucerons
- virus
- cochenille
- acariens
- maladies de surface

**Eléments de conception
d'un
verger-maraicher agroforestier**

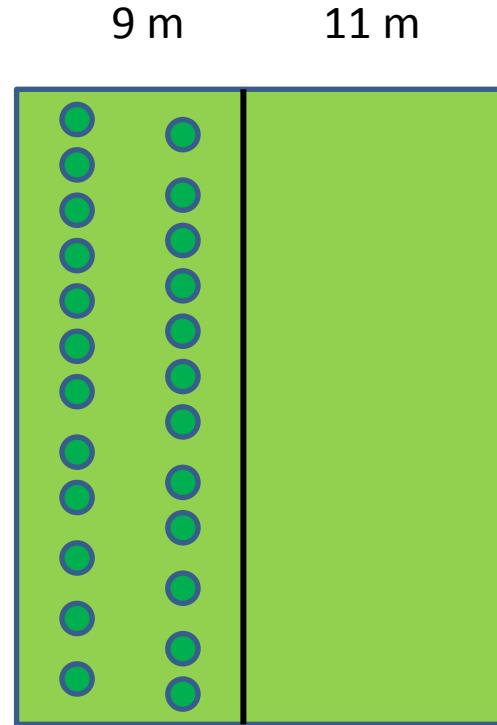
Bandes agroforestières





Arbres dispersés ?

1000m²

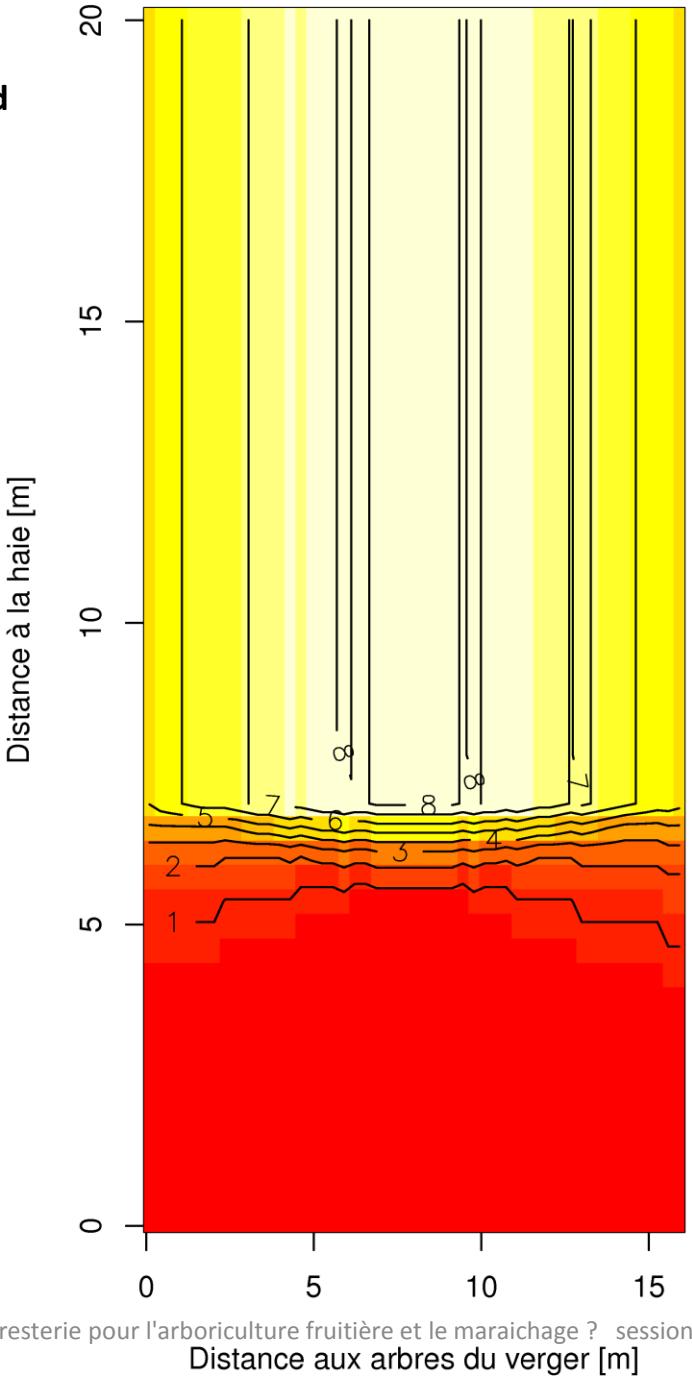


Arbres regroupés ?

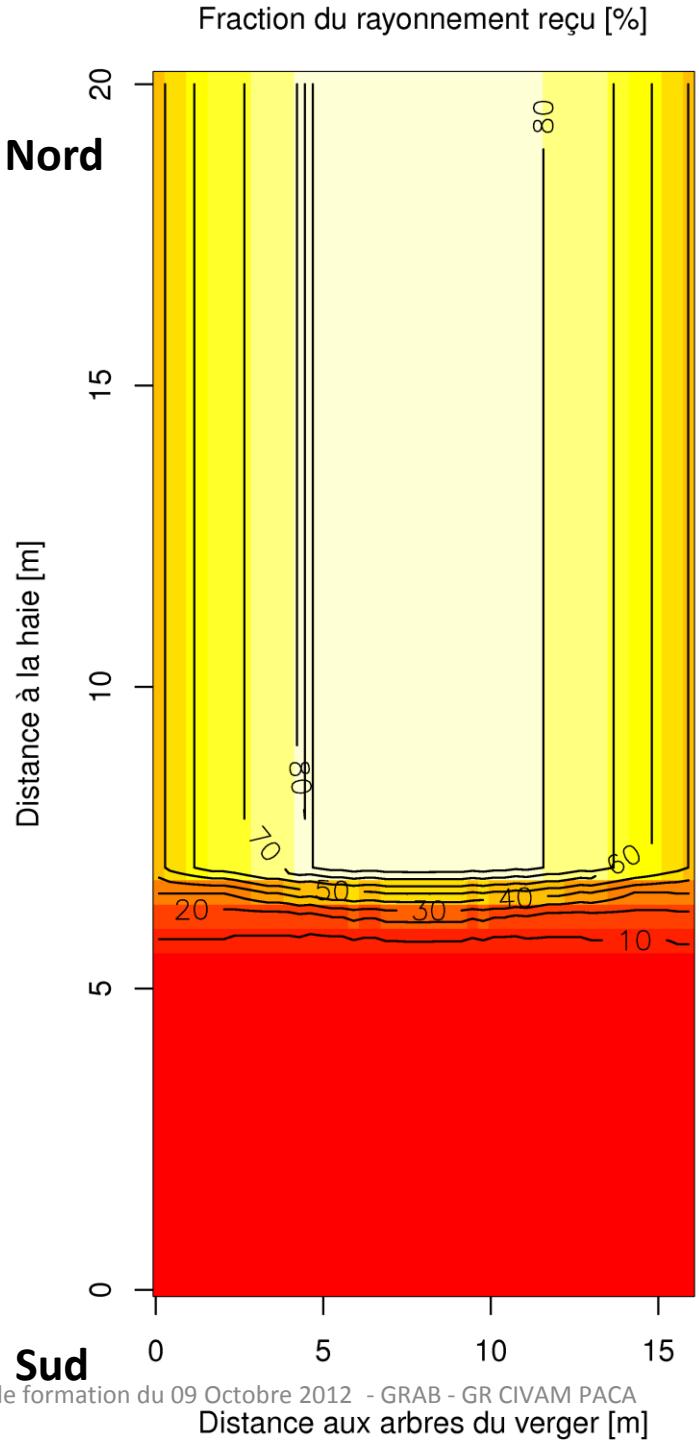
450 m² + 550 m²

100 j (début avril)
Arbres de 4 m nord-sud
Maraîchage 16 m large
Haie de 9 m au sud

Nombre d'heure d'ensoleillement
Heure soleil = 13.7h

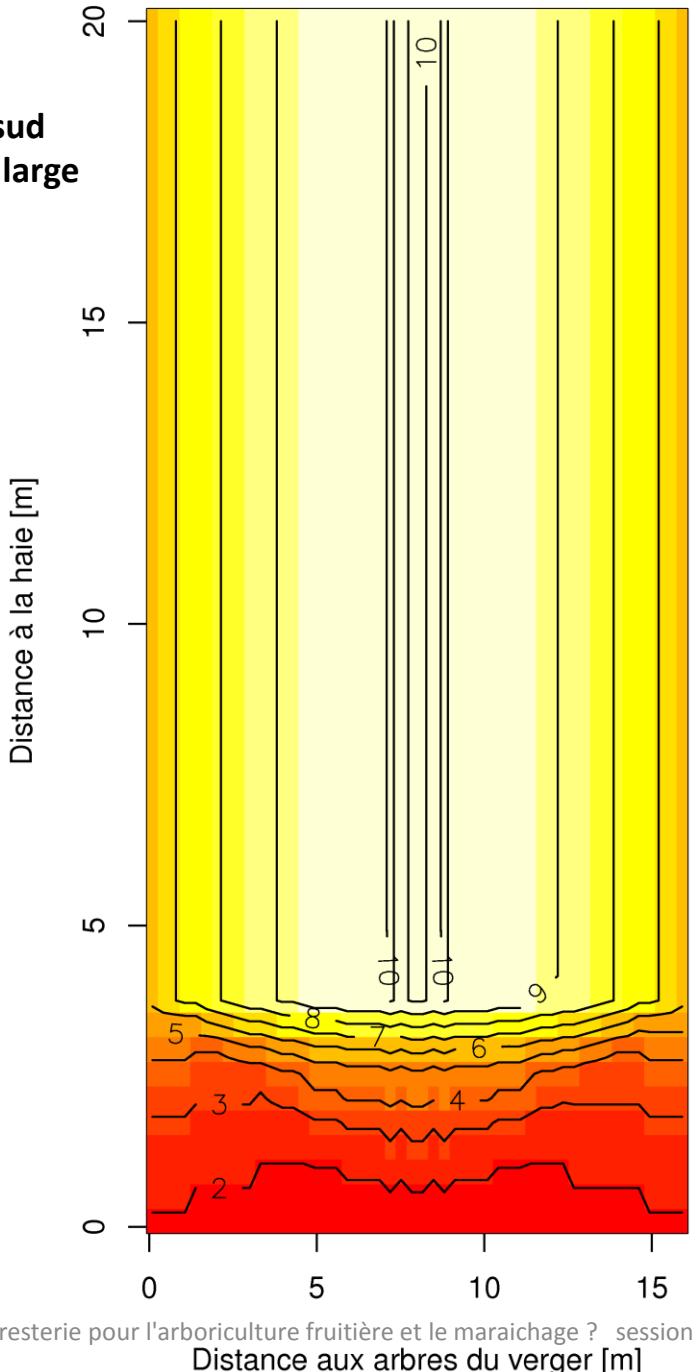


Fraction du rayonnement reçu [%]



Nombre d'heure d'ensoleillement
Heure soleil = 15.8h

160 j (début juin)
Arbres de 4 m nord-sud
Maraîchage 16 m de large
Haie de 9 m au sud

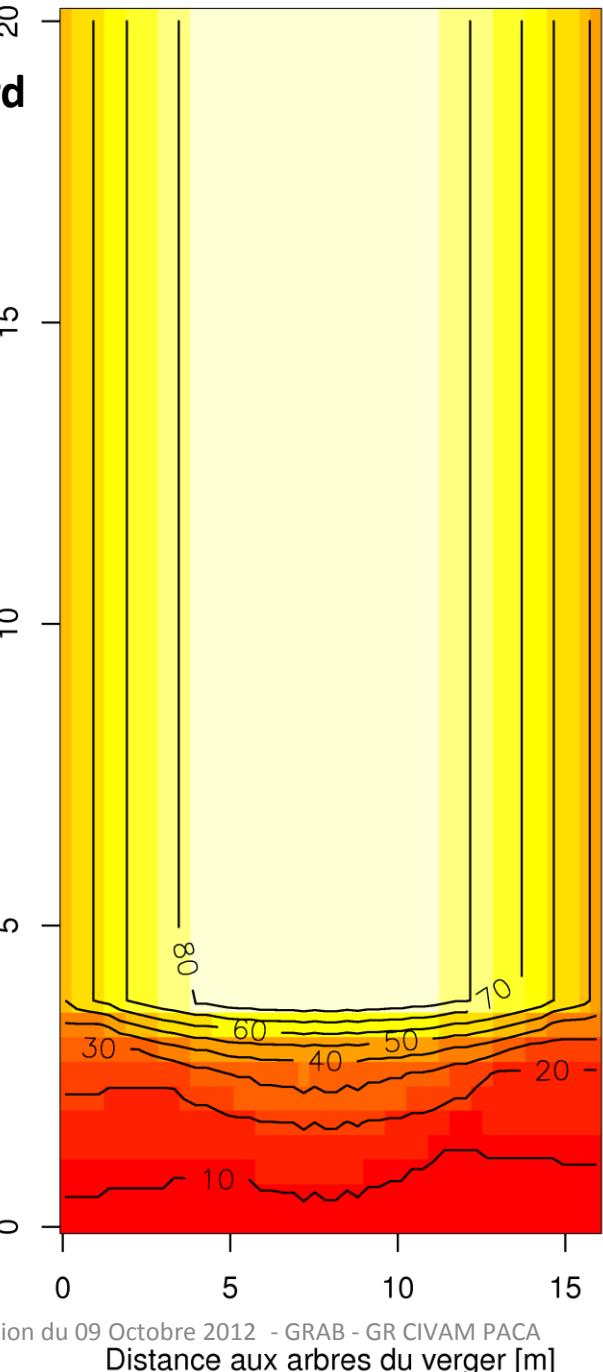


Fraction du rayonnement reçu [%]

Nord

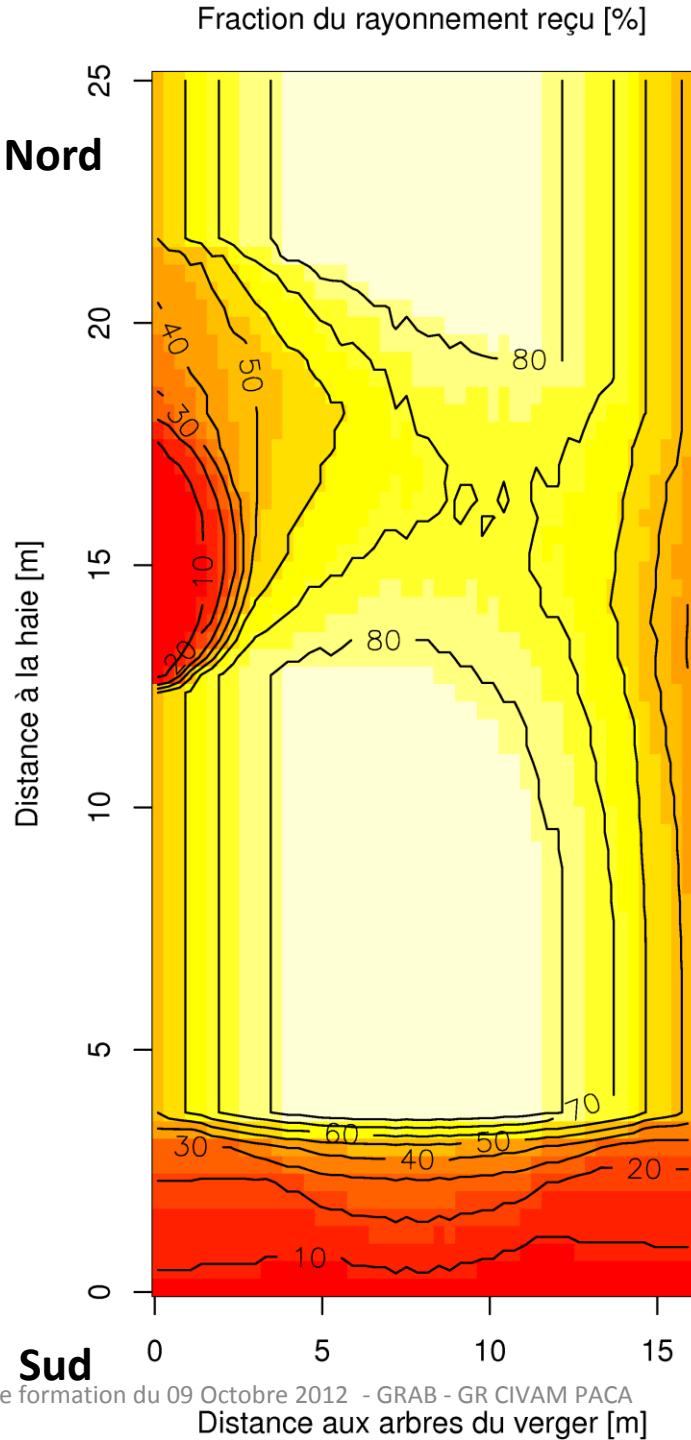
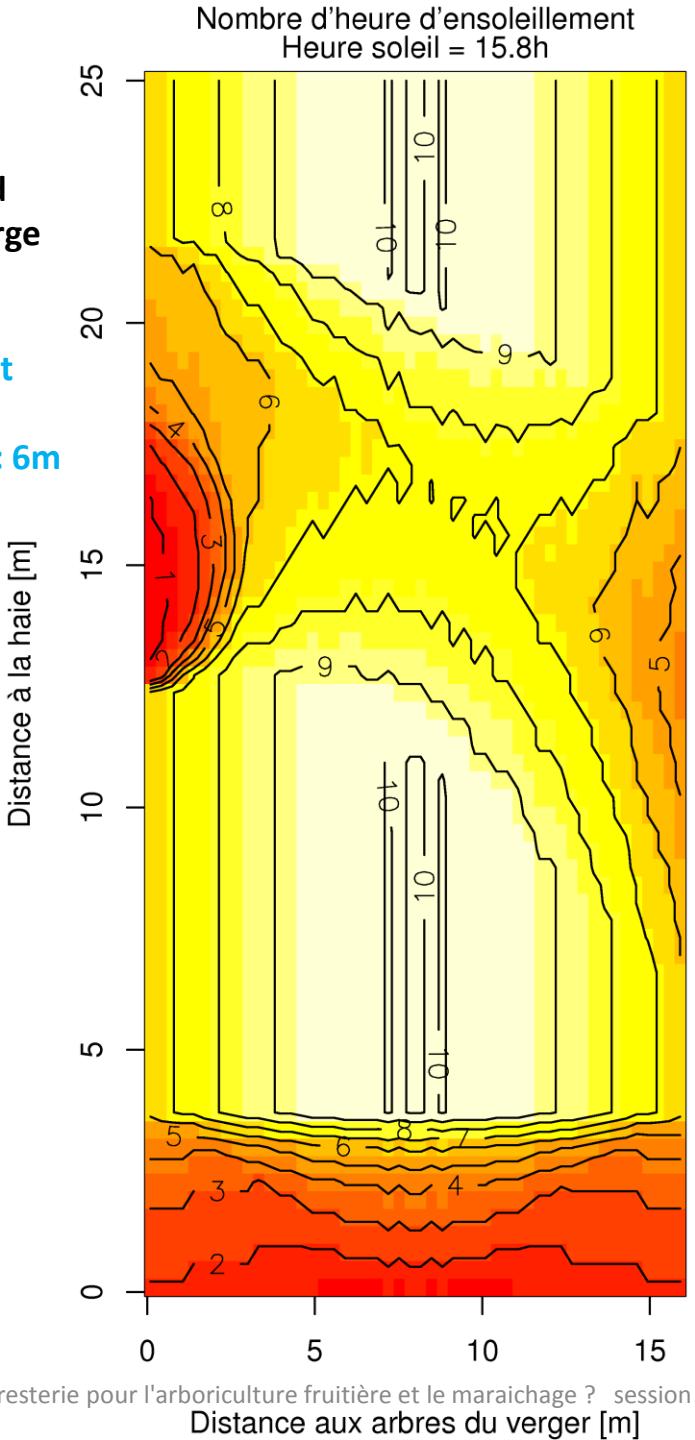
Distance à la haie [m]

Sud



160 j (début juin)
Arbres de 4 m nord-sud
Maraîchage 16 m de large
Haie de 9 m au sud

avec arbre de plein vent
Hauteur : 10 m
Diamètre du houppier : 6m



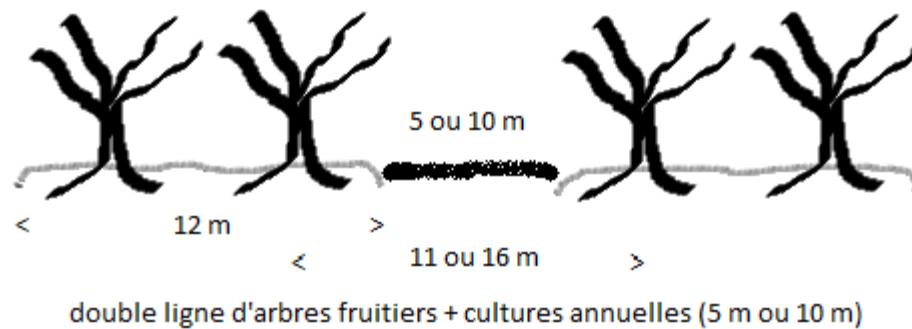
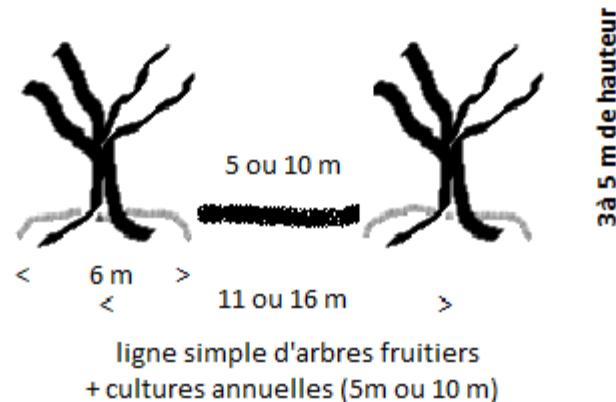
Différentes propositions pour l'aménagement d'une parcelle

Organisation générale de l'espace

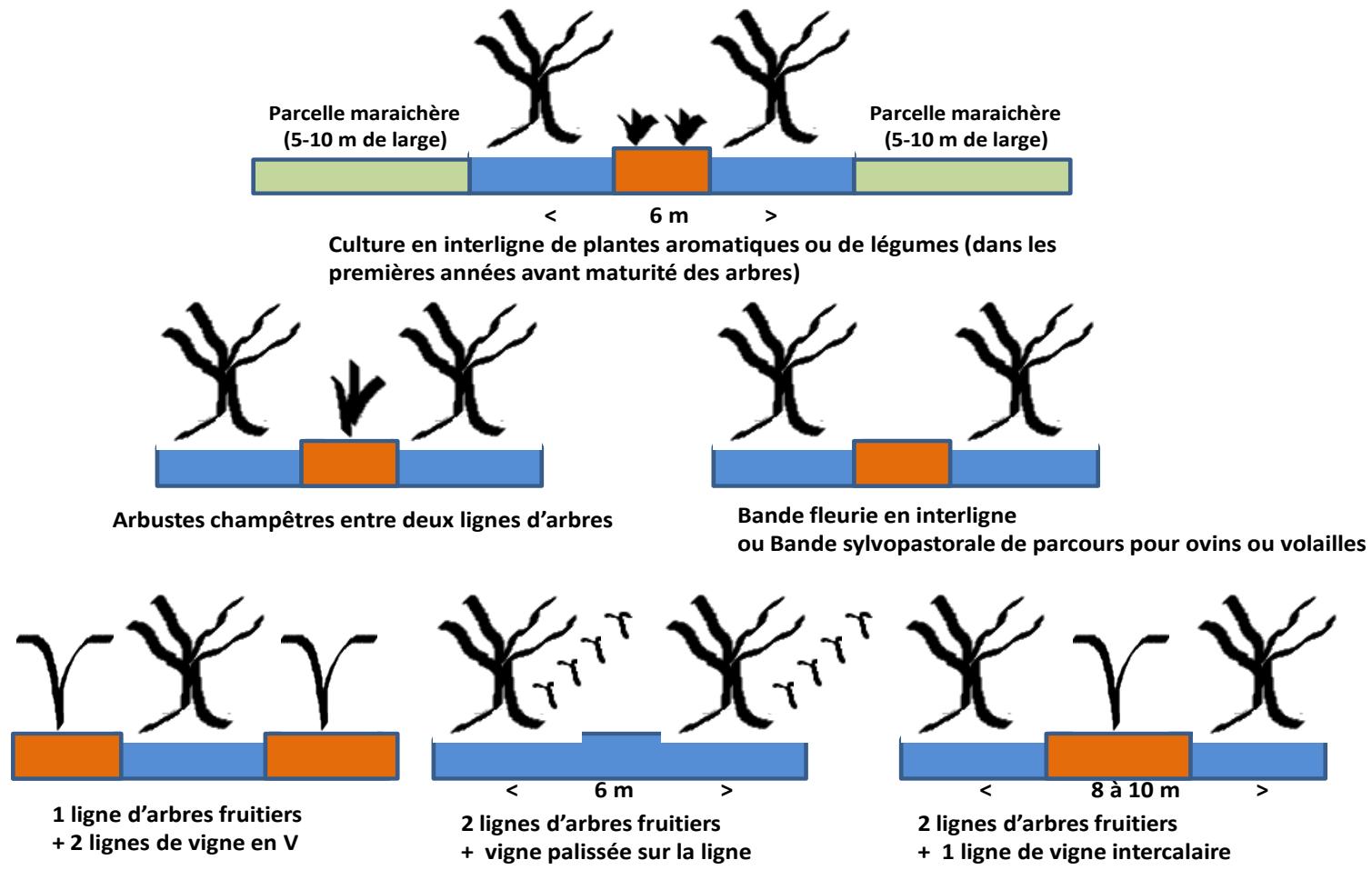
- Parcelles maraîchères de 5 ou de 10 m de large ;
- Simple ou double ligne d'arbres fruitiers (largeur : 6m et 12m).
- Une disposition en 6m x 6m permettrait d'avoir une conduite avec des arbres à port ouvert avec une bonne occupation de l'espace et une bonne limitation de la concurrence aérienne.
- Les photos ci-dessous mettent en évidence que pour des arbres d'une quinzaine d'années les branches se croisent dans l'interligne avec deux lignes distantes de 5 m. Les branches pourraient encore être en contact même à 6 m. Les branches d'arbres distants de 4 m sur la ligne s'entrecroisent complètement.
- Une double bande fruitière est propice pour tester différents types aménagements (bandes fleuries, plantes aromatiques, associations avec la vigne,...) et facilite la circulation au tracteur entre les lignes pour la fertilisation et le mulching (il est souhaitable de ne pas rouler à moins de 2 m des arbres pour limiter la compaction)
- Haie champêtre et/ou fruitière transversale au sein de la parcelle pour connecter les haies champêtres bordant la parcelle de part et d'autre (voir schéma ci-dessous) ;
- Associations vigne/arbres fruitiers selon différentes configurations ;
- Présence disséminée d'arbres fruitiers de haut jet amenant une strate végétale supplémentaire avec des auxiliaires hébergés par les houppiers

Propositions d'aménagement

Agencement des arbres fruitiers avec les parcelles maraîchères



Aménagements agroforestiers des doubles lignes d'arbres fruitiers



(Voir aussi la représentation des différentes modalités dans la figure suivante)

Verger d'abricotiers sur le site de l'INRA St Paul âgés d'une quinzaine d'années plantés à 4m x 5m





Croisement des branches entre arbres distants de 4 m sur la ligne

LA HAIE DU CONSERVATOIRE

La recherche du patrimoine fruitier du sud-ouest par le Conservatoire Végétal d'Aquitaine, a amené à rencontrer un grand nombre de fruitiers greffés dans des haies traditionnelles d'aubépines et de pruneliers. Ces haies ayant été arrachées, nous avons souhaité les réintégrer dans nos vergers avec nos connaissances, nos moyens et nos méthodes actuelles. Au cours des années, nous en sommes venus à la haie de fruitiers purs, aventure merveilleuse que nous vous proposons de partager pour l'adopter.



Haie fruitière paysagère : automne



La première haie fruitière tentée date de l'hiver 1995-96, lors de notre installation à Montesquieu, pour séparer le verger musée du verger de Collection.

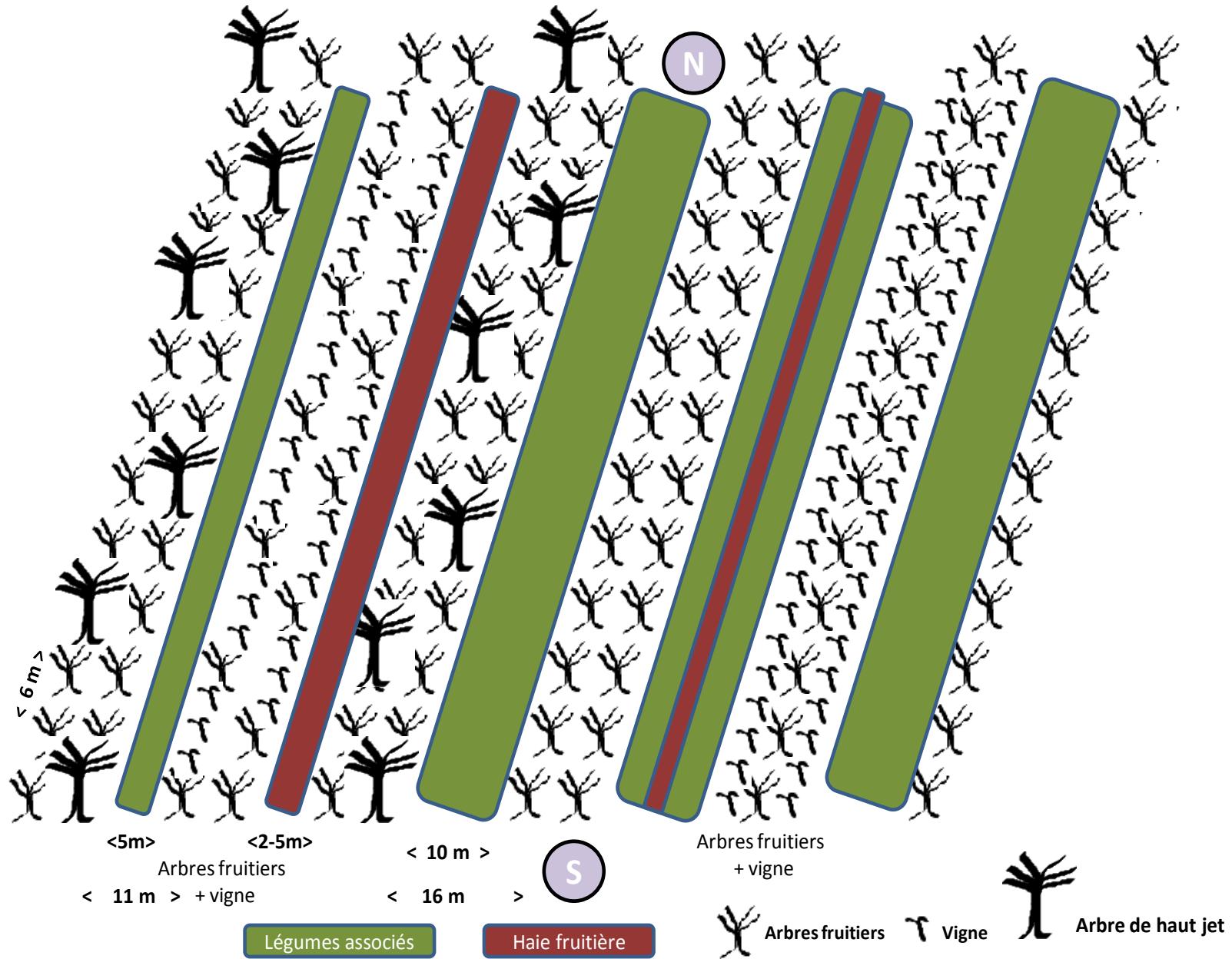
Ayant à notre disposition une grande diversité d'arbres fruitiers en pépinière, nous adoptons ces espèces en haie en reprenant une partie de la technique proposée depuis 20 ans par Dominique SOLTNER pour des haies d'espèces forestières.

Depuis, le Conservatoire en a implanté plusieurs, une en Dordogne en 2001 au verger d'Etouars, puis une nouvelle à Montesquieu en 2003, et une en Béarn au château de Laàs en 2007. D'autres sont en projet pour l'hiver 2010-2011.

Ces haies de fruitiers sont plantées de toutes les espèces fruitières disponibles et de porte-greffes. Elles évoluent au gré des disponibilités en matériel végétal et de nos observations.

Toutefois elles ont un point commun : ces haies sont faites pour clôturer un espace tout en produisant des fruits et héberger voire servir à développer une faune auxiliaire importante, utile pour d'autres arbres fruitiers voisins en verger. De fait ces haies doivent être traitées le moins possible, en excluant tout produit détruisant les

Différentes propositions pour l'aménagement d'une parcelle

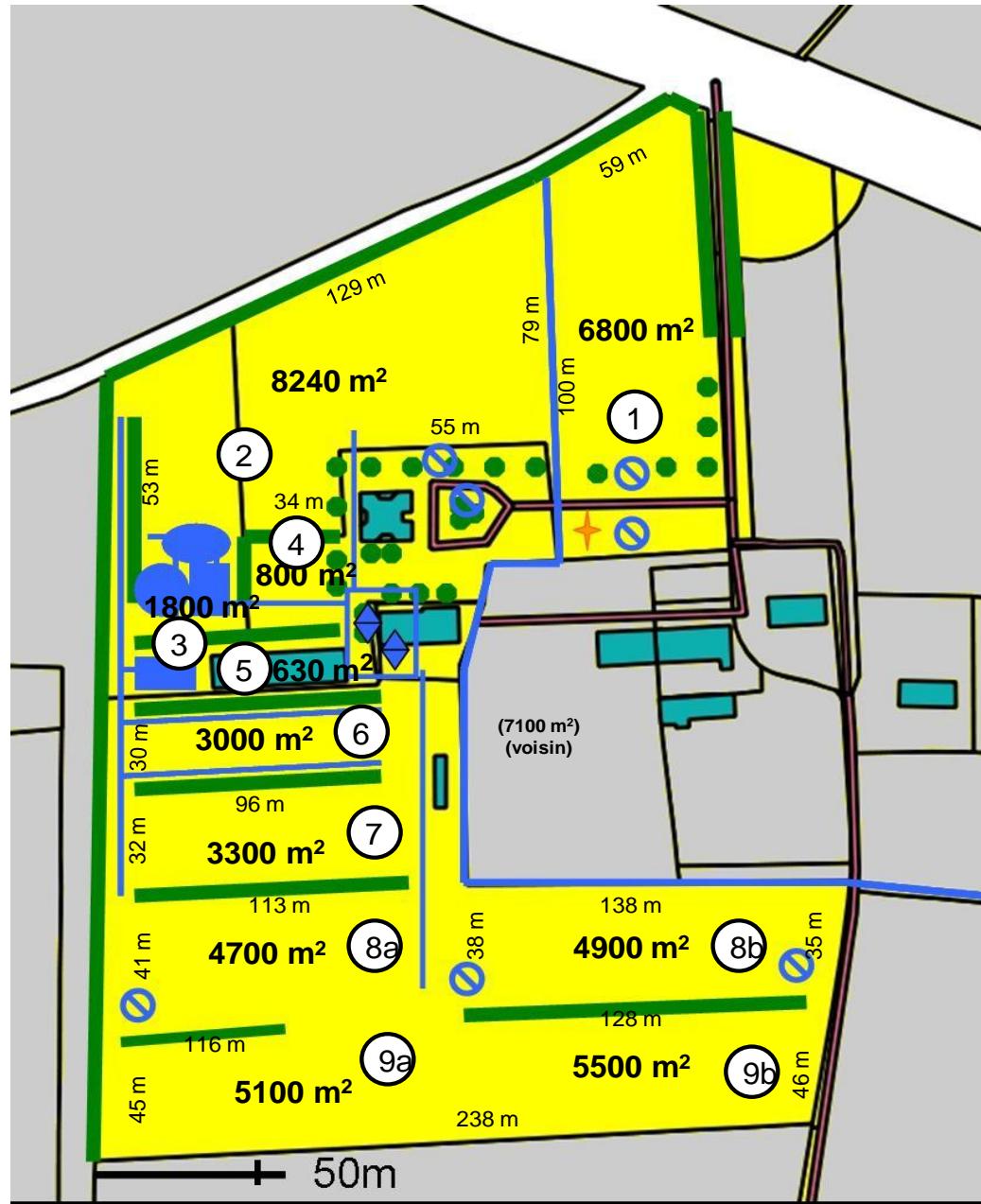


Propositions d'aménagement

pour la Ferme de la Durette

Photo du site de la Durette





Liste des diverses espèces proposées

Légumes

(dans les 3 premières années)

- 1 Tomate
- Poivron
- Aubergine
- Piment
- Concombre
- Courgette
- Courges
- Oignon jaune et rouge
- Echalotte
- Epinard

- 2 Salade
- Haricots
- Maïs
- Asperge
- Amandier
- Noisetier
- Cognassier
- Plaqueminier

- 3 Carotte
- Betterave rouge

Les années suivantes :
évolution vers une cinquantaine d'espèces

Arbres fruitiers

- Abricotier
- Pêcher
- Pommier
- Poirier
- Prunier
- Cerisier
- Figuier
- Kiwi

Petit élevage

- Poules pondeuses,
- Canards ?
- Autres volailles...?

Herbivores

- 5 Moutons

Vigne

Plantes aromatiques annuelles et/ou pérennes

Apiculture

apiculteur extérieur dans un premier temps pour la présence des abeilles

Arbres champêtres / bois d'œuvre

- Aulne
- Amelanchier
- Albizzia
- Arbre de Judée
- Alisier
- Cormier
- Cornouiller
- Charme
- Erable
- Févier
- Frêne
- Acacia
- Merisier
- Noyer
- Murier
- Myrobalan
- Noisetier
- Saule
- Sorbier
- Sureau
- Tilleul
- Viorne
- + arbustes...

(à préciser)

Système de production final

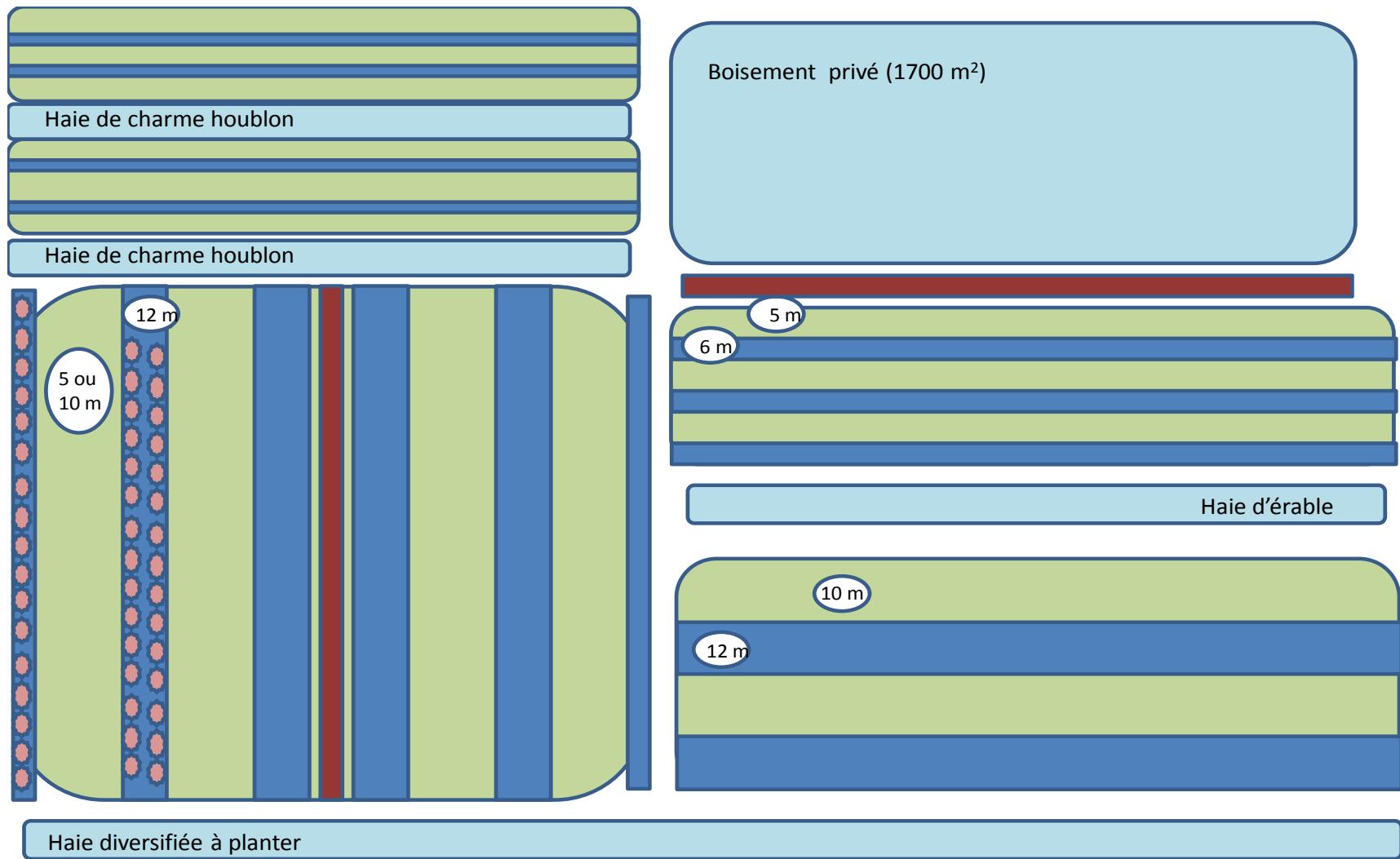
Objectif : Concevoir une ferme générant un revenu pour deux agriculteurs

Surface totale 6,68 ha	SAU 5,15 ha	2 UMO
Maraîchage 2,29 ha 1,5ha de légumes plein champ (une trentaine d'espèces) 6400 m ² en engrais vert 1500 m ² de tunnels	Arbres fruitiers 1,66 ha (600 à 950 arbres) 6 Rosacées Figuier Amandier Noisetier Vigne	100 Poules pondeuses Haies champêtres 1500 m linéaire (1000 existants 500 à planter)

Equipement : tracteur, vibroculteur, canadien, bineuse multirang, planteuse butteuse, semoir pour Semis sur Couvert,...

Vente directe (marchés, paniers, magasins)
Chiffre d'affaire en évolution : 60 000 à 130 000 euros
EBE en évolution : 27 000 à 46 000 euros
Temps de travail : 4300 à 4500 heures

Partie Sud



Total sud : 350 à 650 arbres plantés à 6 m ou 4 m
Maraîchage : 10540 m²

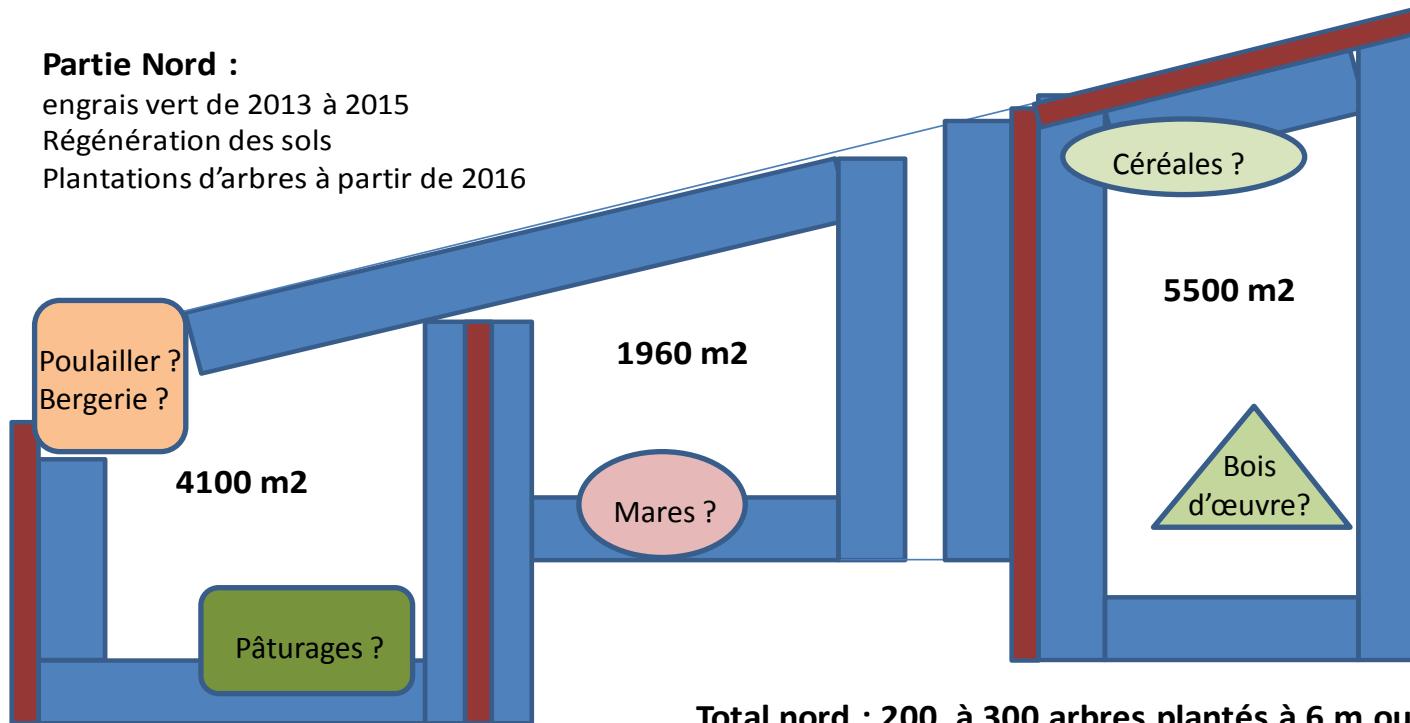
Proposition d'aménagement des parcelles - juin 2012

Partie Nord :

engrais vert de 2013 à 2015

Régénération des sols

Plantations d'arbres à partir de 2016



Total nord : 200 à 300 arbres plantés à 6 m ou à 4 m

Maraîchage : 11560 m²

Aménagement partie nord : sous forme de petits champs avec des doubles lignes d'arbres fruitiers sur le pourtour ou avec des lignes simples d'arbres sur le bord et au sein de ces parcelles

Parcelle	largeur bande AF	largeur bande d'arbre	nb de li d'arb/bandeAF	nb lignes d'arb latéraux	largeur ligne lat
année 1 : plantation d'arbres sur parcelle 8a/9a					
8a / 9a	22	12	2	2	3
8b	11	6	1	0	0
9b	20	12	2	0	0

larg parcelle maraich	longueur	largeur	surface totale
10	117	91	10647
5	138	35	4830
8	128	46	5888
			21365

longueur bande AF	surf 1 bande maraich	nb de bandes AF	surface maraich (m2)
80	800	4,0	4160,0
138	690	3,0	2070,0
128	1024	2,0	2048,0
			8278,0

surf buttes (m2) 80%	nb de bandes d'arbres	nb de lignes d'arbres	longueur ligne arb	surface arbres associées	surface arbres latéraux
3328,0	5	10	800	3840	480
1656,0	3	3	414	2484	0
1638,4	2	4	512	3072	0
6622,4			1726	9396	480

surf réelle verger (m2)	nb d'arbres (d=4m)	PPAM largeur	PPAM Sud (m2)	PPPAM Nord
4320	200	2	640	
2484	104	2	0	
3072	128	2	512	
9876	432		1152	1200

Eléments pour développer des outils d'aide à la conception

Espèces maraîchères

<i>Légumes Feuilles</i>	
salade	
(u) (400g/u)	
Salade à couper (m)	
(ml) (330g/m)	
mâche	
(ml)	
cresson	
(ml)	
blette,poiree	
(u)	
arroche,tetragone	
(ml)	
poireau	
(u)	
fenouil	
(ml)	
chou rave	
(u)	
chou cabus	
(u)	
chou fleur	
(u)	
chou chinois	
(u)	
chou de Bruxelles	
(u)	
chou brocoli	
(u)	

<i>Légumes racine</i>	
pomme de terre	
(ml)	
carottes	
(ml)	
betterave rouge	
(ml)	
oignons jaune	
(ml)	
oignon rouge	
cebettes	
(ml)	
radis rose	
(ml)	
navet violet	
(ml)	
Rutabaga	
(ml)	
radis noir	
(ml)	
radis blanc (daïkon)	
(ml)	
navet blanc	
(ml)	
celeri rave	
(ml)	
ail	
échalotte	
(ml)	
asperge	
panais	
(ml)	
Topinambour	
(ml)	

<i>Légumes fruit</i>	
tomate	
(u)	
poivron	
(u)	
aubergine	
(u)	
piment	
(u)	
maïs	
(ml)	
courgette	
(u)	
concombre	
(u)	
cornichon	
(u)	
melon	
(u)	
pastèque	
(u)	
potimarron	
(Rouge et kabosha)	
courge butternut	
(ml)	
courge rouge vif	
(ml)	
courge de nice	
(ml)	
Grosse courge	
(ml)	
haricot vert	
petit pois	
pois mange-tout	
haricot blanc coco	
fève	
haricot rouge	

potimarron							
(Rouge et kabosha)					374,4		
courge butternut							
(ml)					540,54		
courge rouge vif							
(ml)					231,66		
courge de nice							
(ml)					231,66		
Grosse courge							
(ml)							
haricot vert						58,5	58,5
(ml)			117	117	117	117	
petit pois					58,5	58,5	
(ml)	468						
pois mange-tout					58,5	58,5	
(ml)	243,75						
haricot blanc coco							
(ml)					1170		
fève					58,5	58,5	
(ml)	234						
haricot rouge					624		
(ml)							
TOTAL légumes (kg)				253,5	1382,7	1802,2	1989

Nombre de personnes (2 repas/jour)	390	390	390	390
Nb de personnes (1 repas / jour)	0	0	0	0
Nombre de plats princ. (P)	8	11	9	9
Nombre d'entrées (E)	2	3	3	6

Légende :

petit pois			58,5	58,5
(ml)	468			

Quantité à produire

Longueur à semer en mètre-linéaire (ml)

février	mars	avril	Qté kg	coef lin	Lin (m)	coef su	Surf (m2)	coef sem	Graine (g)
234	234	468	3276	0,83	2719,08	0,40	1087,63	3,000	8157,2
35									
			175,5	4,00	702,00	0,25	175,50	6,000	1053,0
			78	4,00	312,00	0,25	78,00		
156	156	156	1716	0,50	858,00	0,80	686,40	0,050	34,3
58,5	58,5		351	4,36	1530,00	0,40	612,00	0,400	612,0
312	312	312	1482	1,00	1482,00	0,80	1185,60	0,040	59,3
		39	156	1,50	234,00	0,80	187,20	0,031	5,9
78	78	78	702	0,63	438,75	0,80	351,00	0,013	4,4

117			351	0,66	231,66	1,30	301,86	0,233	70,2
			234	1,00	234,00	1,30	304,91	0,400	122,0
			0,10						
			234	2,00	468,00	0,80	374,40	12,500	4680,0
			117	4,00	468,00	0,80	374,40	25,000	9360,0
			117	2,08	243,75	0,80	195,00	25,000	4875,0
			234	5,0000	1170,00	0,80	936,00	10,000	11700,0
			117	2,0000	234,00	0,80	187,20	7,000	1638,0
			156	4,00	624,00	0,80	499,20	14,000	8736,0
2402,3	2133,3	2406,3	25588,4		26622,867		16507,634		

TOTAL

0

0

390 390 390 **5070**
0 0 0 **0**

Proposition : Mise en culture progressive pour restauration des terres

Méthodes : Intérêt de tester le BRF et le Semis sur Couvert Végétale Vivante (SCV) ?

Objectif : régénération progressive du sol avant mise en culture des terres

Organisation : Cultures repiquées en première année pouvant être fertilisées au pied ; culture de légumes racines après régénération du sol à partir de la 3^{ème} année.

Cultures	2013 (m2)	2014 (m2)	2015 (m2)
Tomate	600	400	500
Poivron	400	500	500
Aubergine	400	500	500
Piment	100	100	100
Epinard	350	500	500
Concombre	600	400	600
Courgette	300	700	700
Potimarron	1500	2000	2000
courge butternut	500	500	500
oignon rouge	200	400	400
oignon jaune	400	700	600
échalotte	200	400	400
salade pommée		400	600
salades sauvages		70	70
maïs doux		400	700
haricot grimpant		300	500
Asperge		100	400
Carotte			700
betterave rouge			400
Tomatillos			50
Fleurs			80
plantes aromatiques		associées	Associées
TOTAL	5550	8300	10800

Quelques éléments de réflexion ...

et outils de calcul à élaborer...

Des tableaux de calculs pour la production de légumes et de fruits et de productions secondaires intégrant temps de travail, charges opérationnelles, revenu, matériel,... sont en cours d'élaboration

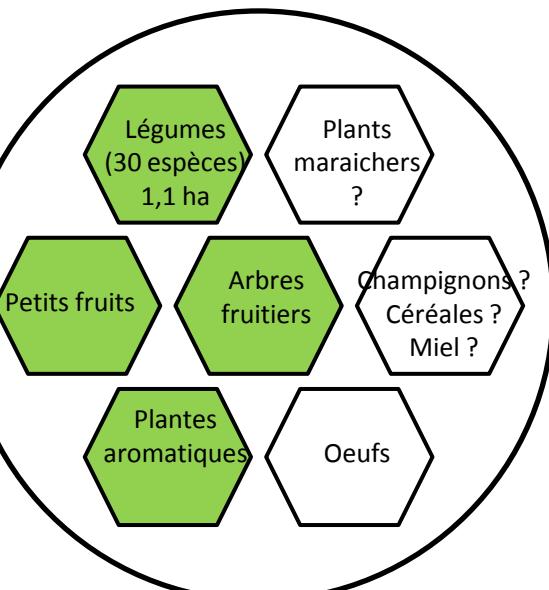
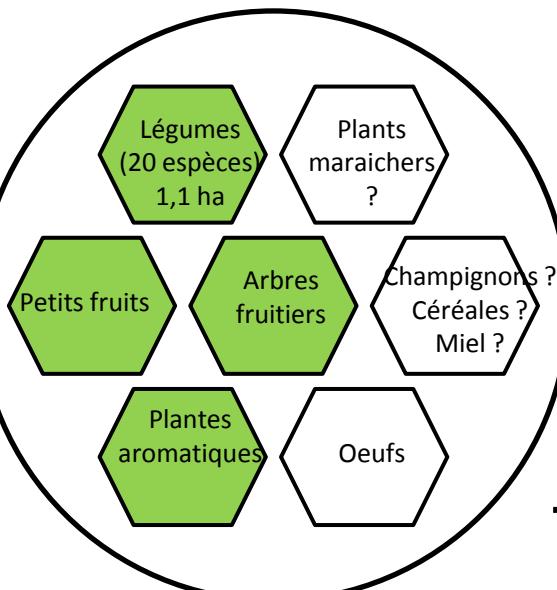
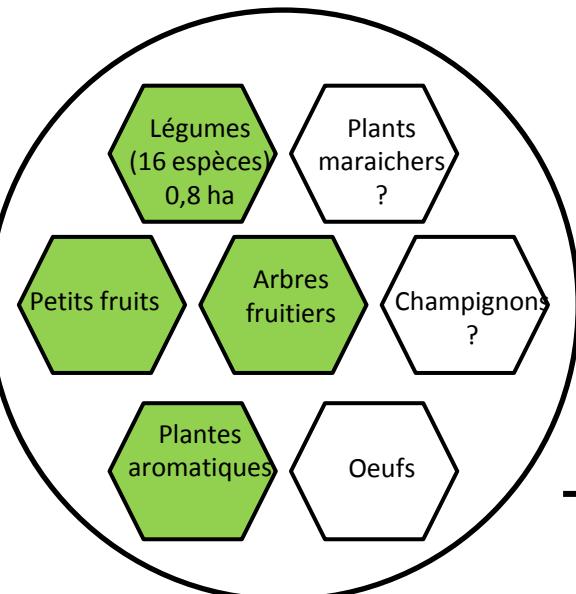
Parcelle	larg bde AF	larg lig d'arb	nb li arb/bAF	larg p mar	surf totale	surf verg m2	nb arb d=4m	surf mar m2
année 1 : plantation d'arbres sur parcelle 8a								
8a	13	3	1	10	4700	930	78	2695
8b	13	0	0	13	4900	0	0	3275
9a	13	0	0	13	5100	0	0	4060
9b	13	0	0	13	5500	0	0	4320
					20200	930	78	14350
année 2 : bandes agroforestières sur parcelles 8a et 8b et 2								
8a	13	3	1	10	4700	930	78	2695
8b	19	9	2	10	4900	1575	88	1724
9a	13	0	0	13	5100	0	0	4060
9b	25	0	0	25	5500	0	0	4320
					20200	2505	165	12798
2	13	3	1	10	10	195	16	650
	19	9	2	10	20	1116	62	1240
	25	9	2	16	32	558	31	992
					6500	1869	109	2882
						4374	274	15680
année 3 : bandes agroforestières sur parcelles 8a, 8b, 9b et 2								
8a	13	3	1	10	4700	930	78	2695
8b	19	9	2	10	4900	1575	88	1724
9a	13	0	0	13	5100	0	0	4060
9b	25	9	2	16	5500	1620	90	2765
					20200	4125	255	11243
2	13	3	1	10	10	195	16	650
	19	9	2	10	20	1116	62	1240
	25	9	2	16	32	558	31	992
					6500	1869	109	2882
1	Permaculture				6800	2300	45	4500
					TOTAL	8294	409	18625
serres	année 1	600 m2 (parc. 4) +		400 m2 ??				
	année 2	rajouter 1000 m2						
	année 4	rajouter 1000 m2						

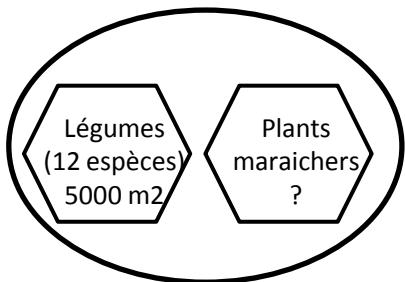
Intérêt de la double ligne d'arbres en termes de nombre d'arbres

exemple : plantation d'arbres seulement sur bande AF = 13 m								
8a	13	3	1	10	4700	930	78	2695
8b	13	3	1	10	4900	825	69	2519
9a	13	0	0	13	5100	0	0	4060
9b	13	3	1	10	5500	1080	90	3323
					20200	2505	165	12798

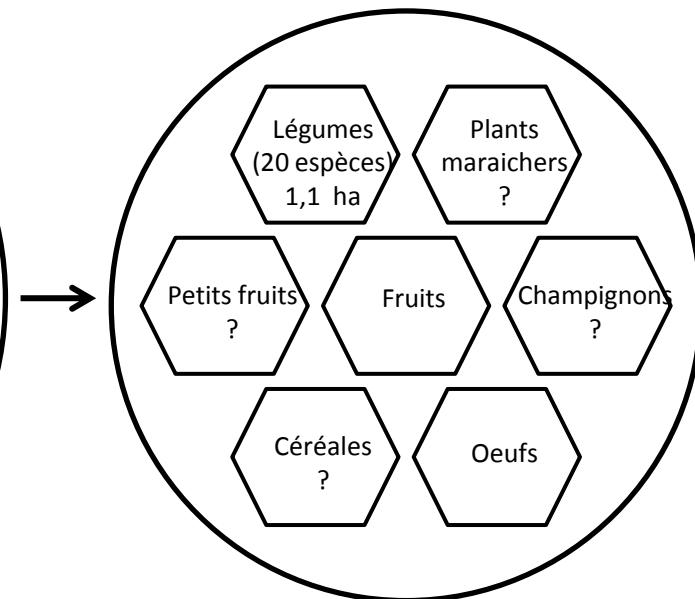
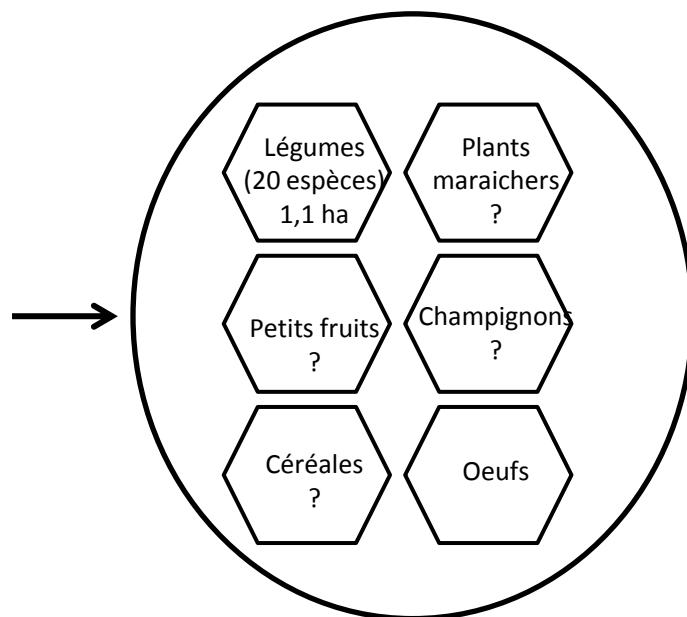
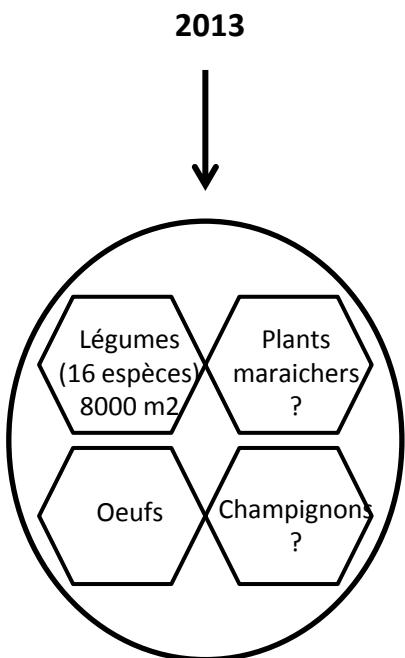
Evolution du système de production

2013





Evolution de la production agricole



Select spacing recommendations:

Jeavons

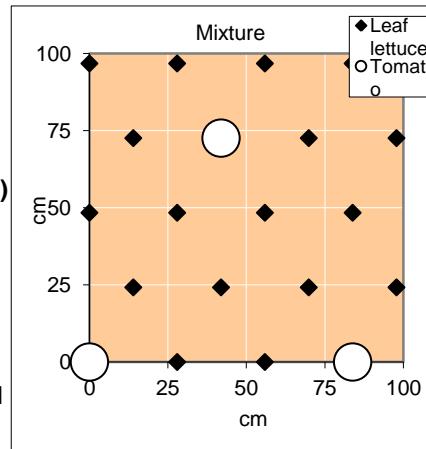
Metric

Crop	Even ratio	Target ratio	Spacing (cm)	Row spacing (cm)	Area (cm ² /plant)	Density (plants/m ²)
Tomato	1,0	1	53	46	2464	4
Leaf lettuce	5,4	8	23	20	453	22
Mixture			28	24	676	15

US system of measurement

Crop	Even ratio	Target ratio	Spacing (in)	Row Spacing (in)	Area (sq in/plant)	Density (plants/sq yd)
Tomato	1,0	1	21,0	18,2	382	3
Leaf lettuce	5,4	8	9,0	7,8	70	18
Mixture			11,0	9,5	105	12

Crop	Jeavons spacing (cm)	Jeavons spacing* (inches)	Rodale spacing** (inches)	UK spacing*** (inches)	Custom spacing**** (inches)
Artichoke	183	72	60		66
Asparagus	15	6	4	18	9
Basil	15	6	12		9
Beet	10	4	5		5
Broccoli	38	15	18	13	15
Brussels sprout	46	18	24	19	20
Burdock	10	4	8		6
Cabbage	38	15	9	13	12
Carrot	8	3	3,5		3
Cauliflower	38	15	19,5	19	18
Celery	15	6	7		7
Chard	20	8	9	6	8
Chinese cabbage	25	10	9		10
Collards	30	12	12	15	13

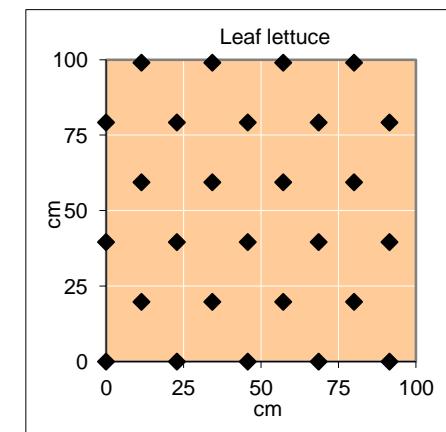
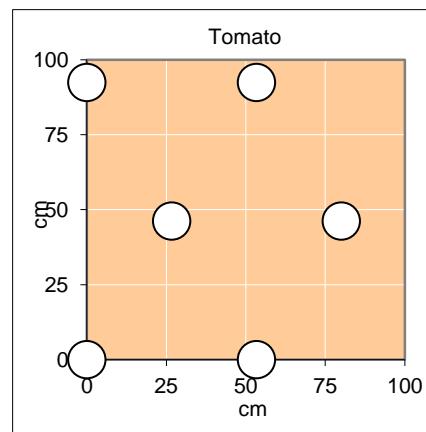


Mixture components

	Spacing (cm)	Row spacing
Tomato	84	73
Leaf lettuce	28	24
Mixture		

Mixture components

	Spacing (in)	Row spacing (in)
Tomato	33,0	28,6
Leaf lettuce	11,0	9,5
Mixture		



Bomford M.K. (2009) Do Tomatoes Love Basil but Hate Brussels Sprouts? Competition and Land-Use Efficiency of Popularly Recommended and Discouraged Crop Mixtures in Biointensive Agriculture Systems. *Journal of Sustainable Agriculture* 33:396-417.

DOI: [Pii 91095715110.1080/10440040902835001](https://doi.org/10.1080/10440040902835001).